Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2013

PEREKAYASAAN SISTEM ANTENA

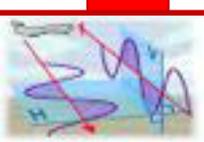
1

Untuk SMK / MAK Kelas XI

HAK CIPTA DAN DISKLAIMER

Penulis	: Herry Sujendro
Editor Materi	: Nurhadi
Editor Bahasa	:
Ilustrasi Sampul	:
Desain & Ilustrasi Buku	: PPPPTK BOE Malang

Pusat Pengembangan & Pemberdayaan Pendidik & Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif & Elektronika:

Jl. Teluk Mandar, Arjosari Tromol Pos 5, Malang 65102, Telp. (0341) 491239, (0341) 495849, Fax. (0341) 491342, Surel: vedcmalang@vedcmalang.or.id, Laman: www.vedcmalang.com

DISKLAIMER (*DISCLAIMER*)

Penerbit tidak menjamin kebenaran dan keakuratan isi/informasi yang tertulis di dalam buku tek ini. Kebenaran dan keakuratan isi/informasi merupakan tanggung jawab dan wewenang dari penulis.

Penerbit tidak bertanggung jawab dan tidak melayani terhadap semua komentar apapun yang ada didalam buku teks ini. Setiap komentar yang tercantum untuk tujuan perbaikan isi adalah tanggung jawab dari masing-masing penulis.

Setiap kutipan yang ada di dalam buku teks akan dicantumkan sumbernya dan penerbit tidak bertanggung jawab terhadap isi dari kutipan tersebut. Kebenaran keakuratan isi kutipan tetap menjadi tanggung jawab dan hak diberikan pada penulis dan pemilik asli. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap setiap perawatan (perbaikan) dalam menyusun informasi dan bahan dalam buku teks ini.

Penerbit tidak bertanggung jawab atas kerugian, kerusakan atau ketidaknyamanan yang disebabkan sebagai akibat dari ketidakjelasan, ketidaktepatan atau kesalahan didalam menyusun makna kalimat didalam buku teks ini.

Kewenangan Penerbit hanya sebatas memindahkan atau menerbitkan mempublikasi, mencetak, memegang dan memproses data sesuai dengan undang-undang yang berkaitan dengan perlindungan data.

Katalog Dalam Terbitan (KDT)
Teknik Elektronika Komunikasi Edisi Pertama 2013
Kementerian Pendidikan & Kebudayaan
Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan, th. 2013: Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas tersusunnya buku teks ini, dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang Studi Perekayasaan Sistem Antena.

Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (*teaching*) menjadi BELAJAR (*learning*), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (*teachers-centered*) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (*student-centered*), dari pembelajaran pasif (*pasive learning*) ke cara belajar peserta didik aktif (*active learning-CBSA*) atau *Student Active Learning-SAL*.

Buku teks ″Perekayasaan Sistem Antena″ ini disusun berdasarkan tuntutan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan pendekatan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21, yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains.

Penyajian buku teks untuk Mata Pelajaran ″ Perekayasaan Sistem Antena ″ ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan penyelidikan ilmiah (penerapan saintifik), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan nilai-nilai baru secara mandiri.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya buku teks Siswa untuk Mata Pelajaran Perekayasaan Sistem Antena kelas XI/Semester 1 Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

Jakarta, 12 Desember 2013

Menteri Pendidikan dan Kebudayaan

Prof. Dr. Mohammad Nuh, DEA

DAFTAR ISI

Halaman

PETA KEDUDUKAN MODUL

BIDANG STUDI KEAHLIAN : TEKNOLOGI DAN REKAYASA
PROGRAM STUDI KEAHLIAN : TEKNIK ELEKTRONIKA
PAKET KEAHLIAN : 1. **TEKNIK ELEKTRONIKA AUDIO VIDEO (057)**
2. TEKNIK ELEKTRONIKA INDUSTRI (058)
3. TEKNIK MEKATRONIKA INDUSTRI (060)
4. TEKNIK MEKATRONIKA OTOMOTIF (061)
5. TEKNIK ELEKTRONIKA KOMUNIKASI (059)

<table>
<tr><td colspan="6">Kelas XI
Semester Ganjil
Materi Ajar : Perekayasaan Sistem Antena 1</td></tr>
<tr><td>Penerapan Rangkaian Elektronika</td><td>Perekayasaan Sistem Audio</td><td>Perekayasaan Sistem Radio & Televisi</td><td>Perekayasaan Sistem Antena</td><td>Perencanaan & Instalasi Sistem Audio</td><td>Perencanaan & Instalasi Sistem Antena Penerima</td><td>Perbaikan & Perawatan Peralatan Elektronika</td></tr>
<tr><td colspan="4">Kelas XI</td><td colspan="3">Kelas XII</td></tr>
<tr><td colspan="7">C3:Teknik Elektronika Komunikasi</td></tr>
<tr><td colspan="7">↑</td></tr>
<tr><td>Teknik Kerja Bengkel</td><td>Teknik Listrik</td><td>Teknik Elektronika</td><td>Teknik Microprosessor</td><td>Teknik Pemrograman</td><td>Simulasi Digital</td></tr>
<tr><td colspan="6">Kelas X</td></tr>
<tr><td colspan="6">C2.Dasar Kompetensi Kejuruan</td></tr>
<tr><td colspan="6">↑</td></tr>
<tr><td>Fisika</td><td>Kimia</td><td>Gambar Teknik</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kelas X, XI</td></tr>
<tr><td colspan="3">C1. Dasar Bidang Kejuruan</td></tr>
<tr><td colspan="3">KELOMPOK C (Kejuruan)</td></tr>
<tr><td colspan="3">↑</td></tr>
<tr><td>Seni Budaya (termasuk muatan lokal)</td><td>Prakarya dan Kewirausahaan</td><td>Pendidikan Jasmani, Olah Raga dan Kesehatan</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kelas X, XI, XI</td></tr>
<tr><td colspan="3">KELOMPOK B (WAJIB)</td></tr>
<tr><td colspan="6">↑</td></tr>
<tr><td>Pendidikan Agama & Budi Pekerti</td><td>Pendidikan Pancasila & Kewarganegaraan</td><td>Bahasa Indonesia</td><td>Matematika</td><td>Sejarah Indonesia</td><td>Bahasa Inggris</td></tr>
<tr><td colspan="6">Kelas X, XI, XI</td></tr>
<tr><td colspan="6">KELOMPOK A (WAJIB)</td></tr>
</table>

GLOSARIUM

Antena : media peralihan antara ruang bebas dengan piranti pemandu (dapat berupa kabel koaksial atau pemandu gelombang/Waveguide) yang digunakan untuk menggerakkan energi elektromagnetik dari sumber pemancar ke antena atau dari antena ke penerima

Array Faktor : Faktor yang terbentuk karena penggabungan beberapa buah Antena

Bandwidth : Lebar pita

Broadcast : Pemancaran ke segala arah

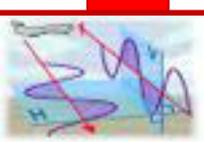
Dipol : Antena dua kawat

Efek dari ground losses : Berubahnya pola radiasi terutama pada sudut kecil (*low elevation angle* – biasanya untuk keperluan DX / komunikasi jarak jauh) dan yang paling merugikan adalah berkurangnya gain antenna dibandingkan dengan kondisi idealnya

Fading : pantulan suara akibat perambatan gelombang yang dipengaruhi sifat medium

Matching impedansi : Penyesuai Impedansi

Polarisasi antena : arah medan listrik yang diradiasikan oleh antena

Propagasi : karakteristik pancaran gelombang akibat dari sifat dan perubahan medium

I. Pendahuluan

A. Deskripsi

Perekayasaan Sistem Antena adalah merupakan salah satu mata pelajaran dasar yang dibutuhkan dalam Teknik Elektronika Komunikasi dan merupakan dasar pekerjaan merencanakan, menerapkan dan pemasangan berbagai macam model antena, baik antena penerima maupun antena pemancar. Untuk itu pada pekerjaan ini siswa diharapkan dapat melakukan dan menguasai dengan benar karena akan menunjang pada proses pembelajaran berikutnya.

Perekayasaan Sistem Antena merupakan salah satu bentuk dan alat bantu ajar yang dapat digunakan di bengkel pada saat siswa melakukanpraktik teknik antena.

Dengan modul ini maka diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas proses belajar mengajar yang berorientasi pada proses pembelajaran tuntas.

Dengan modul ini diharapkan proses belajar mengajar akan menjadi program dan terencana untuk meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan pada siswa didik.

B. Prasyarat

Sebelum melakukan praktek Perekayasaan Sistem Antena, siswa sudah harus mengetahui jenis-jenis peralatan tangan listrik diantaranya tang, pengupas kabel, gergaji dan peralatan lain yang menunjang proses pekerjaan Perekayasaan Sistem Antena.

C. Petunjuk Penggunaan

Langkah - langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul ini:

1. Bagi siswa atau peserta didik:

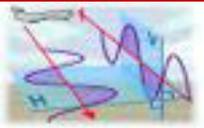
1. Bacalah tujuan antara dan tujuan akhir dengan seksama,
2. Bacalah Uraian Materi pada setiap kegiatan belajar dengan seksama sebagai teori penunjang,

3. Baca dan ikuti langkah kerja yang ada pada modul ini pada tiap proses pembelajaran sebelum melakukan atau mempraktekkan,
4. Persiapkan peralatan yang digunakan pada setiap kegiatan belajar yang sesuai dan benar,

2. Bagi guru pembina / pembimbing:

1. Dengan mengikuti penjelasan didalam modul ini, susunlah tahapan penyelesaian yang diberikan kepada siswa / peserta didik.
2. Berikanlah penjelasan mengenai peranan dan pentingnya materi dari modul ini.
3. Berikanlah penjelasan serinci mungkin pada setiap tahapan tugas yang diberikan kepada siswa.
4. Berilah contoh gambar-gambar atau barang yang sudah jadi, untuk memberikan wawasan kepada siswa.
5. Lakukan evaluasi pada setiap akhir penyelesaian tahapan tugas.
6. Berilah penghargaan kepada siswa didik yang setimpal dengan hasil karyanya.

D. Tujuan Akhir

1. Peserta / siswa dapat menginterpretasikan propagasi radiasi langsung dan tidak langsung serta penguatan antena.
2. Peserta / siswa memahami polarisasi antena dan memahami distribusi arus dan tegangan antena.
3. Peserta / siswa dapat memahami pentingnya kesesuaian impedansi antena dan menginterpretasikan pentingnya kesesuaian impedansi antena dan posisi ketinggian terhadap tanah.
4. Peserta / siswa dapat menginterpretasikan lebar pita antena dan menginterpretasikan sudut pengarah antena.
5. Peserta / siswa dapat memahami efek dari diameter penghantar antena.
6. Peserta / siswa dapat menginterpretasikan pola radiasi antena dan menginterpretasikan sudut elevasi antena.
7. Peserta / siswa dapat merencanakan tipe antena dipole setengah

gelombang dan merencanakan antena tipe vertikal.

8. Peserta / siswa dapat merencanakan antena tipe T, tipe L terbalik, tipe Sloper dan tipe Dipole Vertikal.
9. Peserta / siswa dapat merencanakan tipe antena Yagi.
10. Peserta / siswa dapatmerencanakan tipe antena Quad dan Loop.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Dengan menguasai modul ini diharapkan peserta / siswa didik dapatmerekayasa sistem antena baik antena penerima maupun pemancar pada Teknik Elektronika Komunikasi.

F. Cek Kemampuan Awal

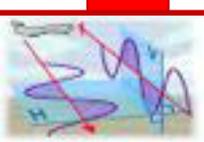
Pada awal pembelajaran siswa didik diberi tugas untuk melakukan perekayasaan sistem antena. Apabila siswa telah dapat melaksanakan tugas tersebut dengan benar, aman dan sesuai dengan perekayasaan sistem antenayang baik dan benar maka siswa yang bersangkutan sudah dapat ujian untuk mendapatkan sertifikat, dan tidak perlu mengkuti modul ini serta diperbolehkan langsung mengikuti modul berikutnya.

II. Pembelajaran

A. DESKRIPSI

Antena merupakan bagian penting dari suatu sistem komunikasi radio. Antena adalah suatu media yang berfungsi untuk memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik yang ada di medium udara. Frekuensi sinyal radio yang ada di udara dengan frekuensi yang beragam. Untuk memancarkan atau menerima sinyal radio tersebut diperlukan antena yang spesifikasinya disesuaikan dengan frekuensi sinyal yang akan diterima ataupun dipancarkan agar pada penerima mampu menerima energi sinyal sebaik-baiknya, atau mampu memancarkan energi sinyal radio secara maksimal.

Perancangan antena yang baik adalah ketika antena dapat mentransmisikan energi atau daya maksimum dalam arah yang diharapkan oleh penerima. Meskipun pada kenyataannya terdapat rugi-rugi yang terjadi ketika penjalaran gelombang seperti rugi-rugi pada saluran transmisi dan terjadi kondisi tidak *matching* antara saluran transmisi dan antena. Sehingga *matching* impedansi juga merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam perancangan sebuah antena

Parameter – parameter antena adalah hal yang sangat penting untuk menjelaskan unjuk kerja antena. Maka diperlukan parameter – parameter antena yang akan memberikan informasi suatu antena sebagai pemancar maupun sebagai penerima

B. KEGIATAN BELAJAR

KEGIATAN BELAJAR 1:

PROPAGASI

a. **Tujuan Pembelajaran :** Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat menginterpretasikan propagasi radiasi langsung dan tidak langsung serta penguatan antena.

b. **Uraian Materi**

Pengertian Getaran dan Gelombang

Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Gelombang adalah suatu getaran yang merambat, selama perambatannya gelombang membawa energi. Pada gelombang, materi yang merambat memerlukan medium, tetapi medium tidak ikut berpindah.

Jenis-jenis Gelombang

Walaupun terdapat banyak contoh gelombang dalam kehidupan kita, secara umum hanya terdapat dua jenis gelombang saja, yakni ***gelombang mekanik*** dan ***gelombang elektromagnetik.*** Pembagian jenis gelombang ini didasarkan pada medium perambatan gelombang.

Contoh dari gelombang elektromagnetik adalah gelombang radio.

Propagasi

Apabila kita berbicara tentang propagasi maka kita menyentuh pengetahuan yang berhubungan dengan pancaran gelombang radio. Seperti kita ketahui bahwa apabila kita transmit, pesawat kita memancarkan gelombang radio yang ditumpangi oleh audio kita. Gelombang radio tadi diterima oleh receiver lawan bicara kita dan oleh receiver itu gelombang radionya dihilangkan dan audio kita ditampung lewat speaker.

Gelombang radio yang dipancarkan tadi berupa gelombang elektromagnetik bergerak menuruti garis lurus. Gelombang radio mempunyai sifat seperti cahaya, ia dapat dipantulkan, dibiaskan, direfraksi dan dipolarisasikan. Kecepatan rambatanya sama dengan kecepatan sinar ialah

300.000 km tiap detik. Dapat kita bayangkan bila gelombang radio bisa mengelilingi dunia, maka dalam satu detik bisa keliling dunia 7 kali.

Kita ketahui bahwa dunia kita berbentuk bulat seperti bola, akan tetapi pancaran gelombang radio high frequency dari Indonesia bisa sampai di Amerika Serikat yang terletak dibalik bumi sebelah sana, padahal ia bergerak menuruti garis lurus. Phenomena alam seperti tersebut tadi dapat dijelaskan sebagai uraian di bawah ini.

Di angkasa luar, ialah di luar lapisan atmosphere bumi terdapat lapisan yang dinamakan ionosphere. Ionosphere adalah suatu lapisan gas yang terionisasi sehingga mempunyai muatan listrik, lapisan ini berbentuk kulit bola raksasa yang menyelimuti bumi. Lapisan ini dapat berpengaruh kepada jalannya gelombang radio.

Pengaruh-pengaruh penting dari ionosphere terhadap gelombang radio adalah bahwa lapisan ini mempunyai kemampuan untuk membiaskan dan memantulkan gelombang radio. Kapan gelombang radio itu dipantulkan dan kapan gelombang radio dibiaskan atau dibelokkan tergantung kepada frekuensinya dan sudut datang gelombang radio terhadap ionosphere.

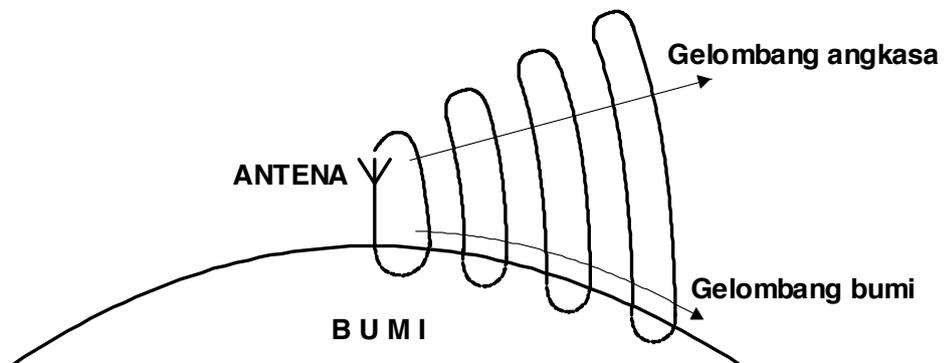
Frekuensi gelombang radio yang mungkin dapat dipantulkan kembali adalah frekuensi yang berada pada range Medium Frequency (MF) dan High Frequency (HF). Adapun gelombang radio pada Very High Frequency (VHF) dan Ultra High Frequency (UHF) atau yang lebih tinggi, secara praktis dapat dikatakan tidak dipantulkan oleh ionosphere akan tetapi hanya sedikit dibiaskan dan terus laju menghilang ke angkasa luar. Gelombang radio yang menghilang ke angkasa luar tadi dalam istilah propagasi dikatakan SKIP.

Tabel 1.1 Pembagian Band Frekuensi Radio

Very Low Frequency	**VLF**	**3 - 30 KHZ**
Low Frequency	LF	30 - 300 KHz
Medium Frequency	MF	300 - 3.000 KHz
High Frequency	HF	3 - 30 MHz

Very High Frequency	VHF	30 - 300 MHz
Ultra High Frequency	UHF	300 - 3.000 MHz
Super High Frequency	SHF	3 - 30 GHz
Extremely High Frequency	EHF	30 - 300 GHz

Perambatan Gelombang

Pada gambar 1.1.dapat dilihat sebuah antena yang memancarkan gelombang radio pancaran gelombang radio ini menyebar kesegala penjuru secara merata untuk antena vertikal sebagian gelombang yang bergerak pada permukaan bumi disebut GELOMBANG BUMI, selain dari pada itu disebut GELOMBANG ANGKASA.

Gambar 1.1. Perambatan Gelombang

Jangkauan perambatan gelombang.

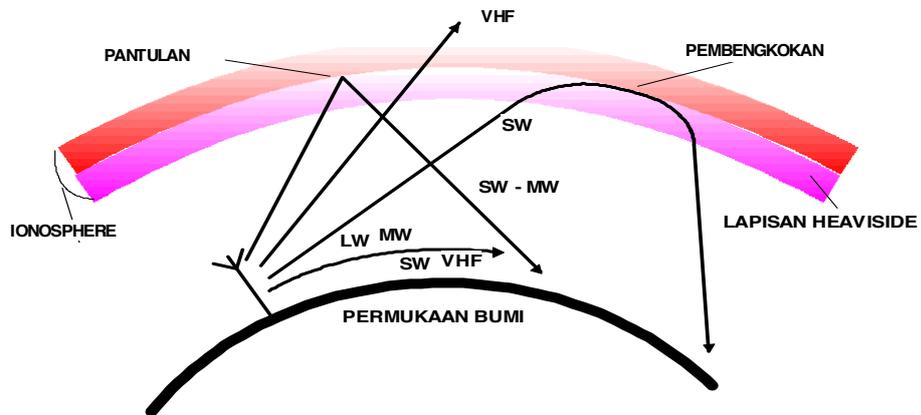
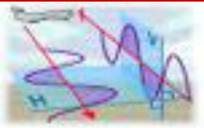
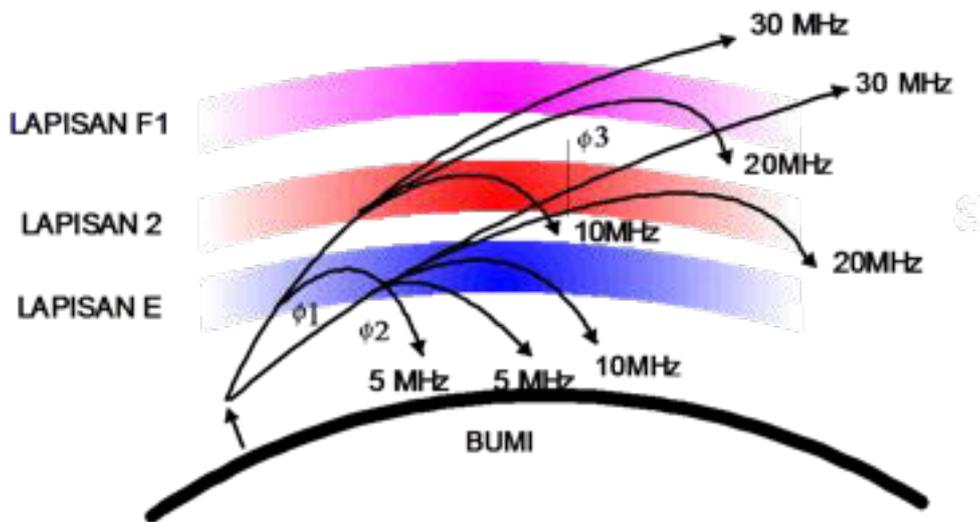
Kerugian pada permukaan bumi dengan naiknya frekuensi akan semakin BESAR. Gelombang bumi dapat merambat dalam daerah gelombang panjang sampai 1000 km, dalam daerah gelombang menengah hanya sampai 300 Km dan dalam daerahgelombang pendek sampai 100 km. gelombang angkasa merambat secara GARIS LURUS, berhubung dengan itu angkasa tidak bisa mengikuti permukaan bumi kita.

Berikut adalah tabel daerah frekuensi kerja, redaman, jangkauan, pantulan dan jenis gelombang yang dipakai untuk berkomunikasi.

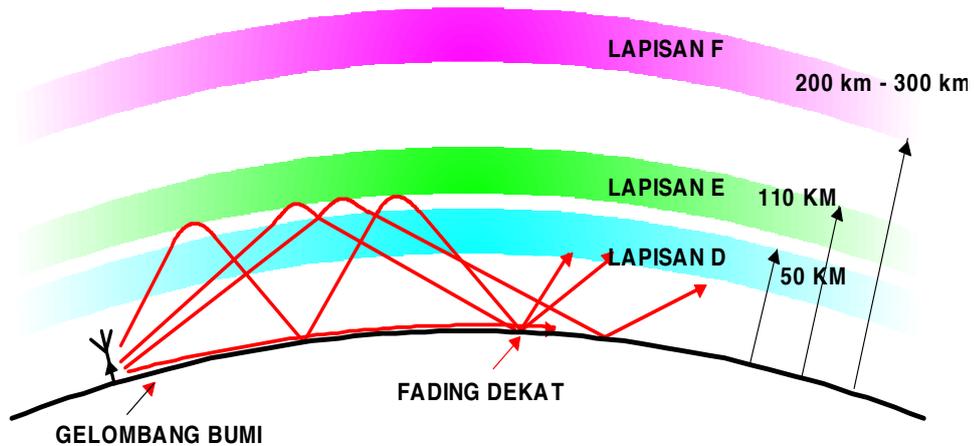
Tabel 1.2

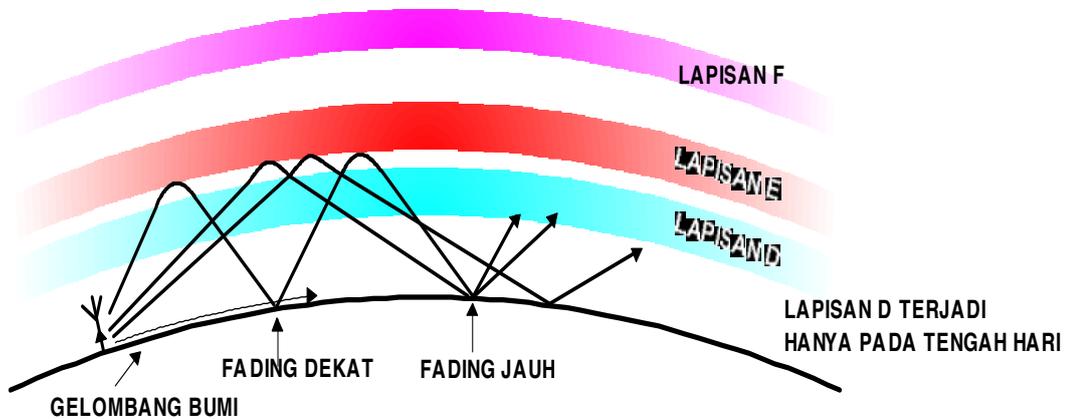
Daerah	Gelombang bumi		Gelombang Angkasa		Jenis gelombang yang dipakai
	Redaman	Jangkauan	Redaman	Pantulan	
LW	Sedikit	≈ 100 km	sangat kuat	-	Gelombang bumi
MW	Kuat	≈ 300 km	kuat	Sangat kuat	Gelombang bumi dan angkasa
SW	Sangat kuat	≈ 100 km	Sedikit	Kuat	Gelombang angkasa
VHF UHF	Seluruhnya	≈ 100 km	Sangat sedikit	Kadang kadang	Gelombang angkasa

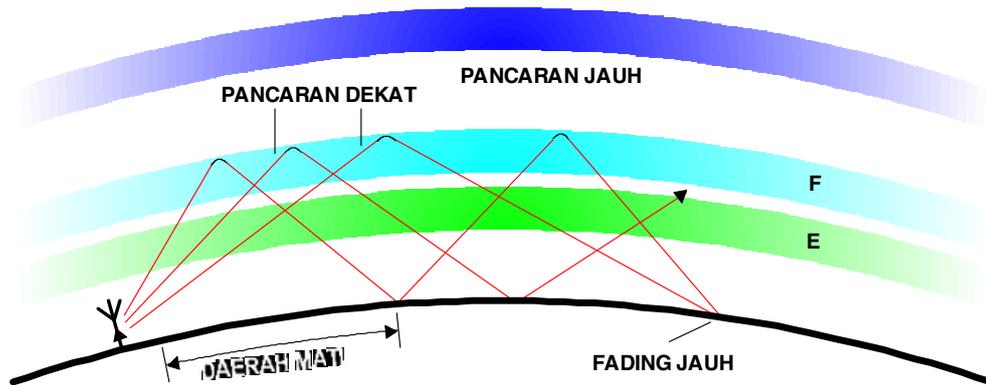
Pantulan oleh Ionosphere

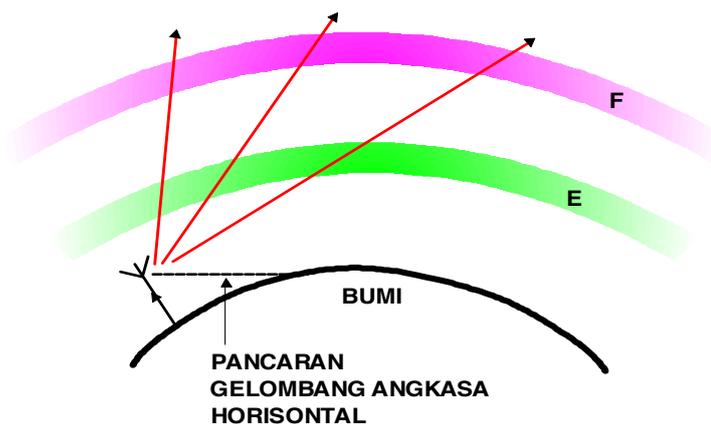
Pada daerah frekuensi sebagian dari gelombang angkasa kembali ke permukaan bumi.Mereka dipantulkan oleh lapisan udara yang terhampar diketinggian 50 km sampai 300 km. Lapisan udara pemantul ini disebut ionosphere. Lapisan udara yang terionisasi kuat dinamakan lapisan heaviside. Daya pantul lapisan heaviside bergantung pada frekuensi pada suatu tempat penerimaan dapat diterima gelombang bumi dan angkasa bersama, gelombang angkasa datang lebih akhir, sehingga terdapat PERGESERAN FASA. Ini akan menimbulkan FADING, dimana kuat medan penerimaan goyah. Gambar 1.2 menunjukkan pemantulan gelombang elektromagnetik oleh lapisan ionosphere.

Gambar 1.2. Pemantulan Gelombang

Gambar 1.3. Pemantulan Gelombang Sesuai Frekuensinya

Perambatan LW,MW,SW,VHF.

Perambatan gelombang panjang, dimana λ = 1km - 10 km, dengan polarisasi vertikal pada malam hari melalui interferensi antara gelombang bumi dan angkasa dapat menimbulkan FADING DEKAT. Seperti terlihat pada gambar 1.4.

Gambar 1.4. Terjadinya Fading Dekat

Perambatan gelombang menengah, dimana λ = 100m -10m, dengan polarisasi vertikal. Pada jarak yang jauh dapat timbul interfrensi diantara gelombang bumi dan angkasa yang disebut FADING JAUH. Hal ini bisa terlihat seperti gambar 1.5.

Gambar 1.5. Terjadinya Fading Jauh

Perambatan gelombang menengah, dimana λ = 100m -10m, dengan polarisasi vertikal. Antara gelombang bumi yang sangat pendek dan jatuhnya gelombang angkasa terjadi DAERAH MATI.Jarak ini disebut jarak lompatan, yang bergantung pada frekuensi hari dan tahun. Hal ini seperti ditunjukkan pada gambar 1.6.

Gambar 1.6. Daerah Mati

Perambatan gelombang sangat pendek, λ = 1m - 10m, pada band 1 dengan polarisasi vertikal, band II dan III dengan polarisasi horisontal dalam daerah frekuensi 30 MHz - 300 MHz dengan semakin pendeknya panjang gelombang akan memisahkan diri dari permukaan bumi, merambat diatas bumi tanpa kerugian dan LURUS seperti GELOMBANG CAHAYA. Jangkauannya dengan begitu sejauh pandangan antara antena pemancar dan penerima (maksimum kira-kira 50 km).Perambatan gelombang desimeter dengan λ = 10 Cm - 100 Cm dengan polarisasi horisontal. Dalam daerah frekuensi antara 300 MHZ - 3 GHz (televisi band IV dan V) mempunyai jangkauan terbatas (≈50km). Pada semua jangkauan gelombang untuk menaikkan daya jangkauan dapat dengan menaikkan daya pancar, menaikkan antena pemancar jauh dengan bumi.

Gambar 1.7. Perambatan Gelombang Angkasa

Penguatan (Gain) Antena

Penguatan sangat erat hubungannya dengan *directivity*. Penguatan mempunyai pengertian perbandingan daya yang dipancarkan oleh antena

tertentu dibandingkan dengan *radiator isotropis* yang bentuk pola radiasinya menyerupai bola. Secara fisik suatu *radiator isotropis* tidak ada, tapi sering kali digunakan sebagai referensi untuk menyatakan sifat – sifat kearahan antena.

Penguatan daya antena pada arah tertentu didefinisikan sebagai 4π kali perbandingan intensitas radiasi dalam arah tersebut dengan daya yang diterima oleh antena dari pemancar yang terhubung. Apabila arahnya tidak diketahui, penguatan daya biasanya ditentukan dalam arah radiasi maksimum, dalam persamaan matematik dinyatakan:

$$G = 10 \cdot \log \frac{4\pi \cdot U_m}{P_{in}} \text{ (dB)} \qquad (2.10)$$

G =gain antena (dB)

U_m = intensitas radiasi antena (watt)

P_{in} = daya input total yang diterima oleh antena (watt)

Pada pengukuran digunakan metode pembandingan (*Gain-comparison Method*) atau *gain transfer mode*. Prinsip pengukuran ini adalah dengan menggunakan antena referensi yang biasanya antena *dipole* standar yang sudah diketahui nilai *gain*nya. Prosedur ini memerlukan 2 kali pengukuran yaitu terhadap antena yang diukur dan terhadap antena referensi. Nilai *gainabsolut isotropik* dinyatakan:

$$G_{AUT}(dBi) = G_{ref}(dBi) + 10\log\left(\frac{W_{RX}}{W_{ref}}\right) \qquad (2.11)$$

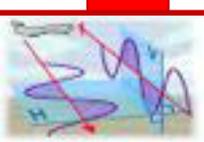
dengan :

G_{AUT} = Gain antena yang diukur (dBi)

G_{ref} = Gain antena referensi yang sudah diketahui (dBi)

W_{RX} = Daya yang diterima antena yang diukur (dBm)

W_{ref} = Daya yang diterima antena referensi (dBm)

Pancaran gelombang radio oleh antena makin jauh makin lemah, melemahnya pancaran itu berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya, jadi pada jarak dua kali lipat kekuatannya menjadi $1/2^2$ atau seperempatnya. Angka tersebut masih belum memperhitungkan melemahnya pancaran karena hambatan lingkungan dalam perjalanannya.

Kecuali sifat tersebut di atas, sifat lain dari antena adalah bahwa kekuatan pancaran ke berbagai arah cenderung tidak sama. Pancaran gelombang radio oleh antena vertikal mempunyai kekuatan yang sama ke segala arah mata angin, pancaran semacam ini dinamakan omni-directional. Pada antena dipole, pancaran ke arah tegak lurus bentangannya besar sedang pancaran ke samping kecil, pancaran semacam ini disebut bi-directional.

Jika ada sebuah antena memiliki penguatan (Gain) 5dB berarti antena tersebut mempunyai tegangan keluaran sekitar 5dB lebih kuat dari pada antena pembanding. Adapun antena pembanding ada 2 buah yaitu antena isotropik dan dipole. Jika perbandingan dengan antena isotropik maka penguatan (gain) antena dinyatakan dengan dBi. Sementara jika dibandingkan dengan antena dipole penguatan (gain) antena dinyatakan dengan dBd.

c. Rangkuman

Gelombang radio yang dipancarkan tadi berupa gelombang elektromagnetik bergerak menuruti garis lurus. Gelombang radio mempunyai sifat seperti cahaya, ia dapat dipantulkan, dibiaskan, direfraksi dan dipolarisasikan. Kecepatan rambatanya sama dengan kecepatan sinar ialah 300.000 km tiap detik. Dapat kita bayangkan bila gelombang radio bisa mengelilingi dunia, maka dalam satu detik bisa keliling dunia 7 kali.

Daya pantul lapisan heaviside bergantung pada frekuensi pada suatu tempat penerimaan dapat diterima gelombang bumi dan angkasa bersama, gelombang angkasa datang lebih akhir, sehingga terdapat PERGESERAN FASA

d. Tugas

1. Siapkan sebuah transceiver VHF (2m band), boleh berupa Handy Transceiver (HT) maupun RIG atau base station. Putar / atur tombol pengatur frekuensi yang ada sampai didapatkan frekuensi yang dipakai untuk percakapan. Frekuensi antara 140 MHz sampai dengan 149 MHz. Amati percakapan dan sinyal orang yang berkomunikasi di frekuensi tersebut. Simpulkan hasil pengamatan diatas, apakah sinyal radio yang diamati termasuk penerimaan radiasi langsung atau tidak langsung? Jelaskan !.

2. Sekarang siapkan radio AM yang bekerja di frekuensi HF (3MHz – 30MHz), ini dapat berupa radio biasa atau radio Transceiver HF. Atur / tuning frekuensi penerimaan sehingga didapatkan siaran radio di band frekuensi HF. Amati siaran di frekuensi tersebut. Simpulkan hasil pengamatan diatas, apakah sinyal radio yang diamati termasuk penerimaan radiasi langsung atau tidak langsung? Jelaskan !.

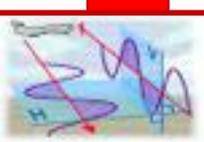
e. Lembar Kerja

Jawab:

1. ....
....
....
....
....
....
....

2. ....
....
....
....
....
....
....
....

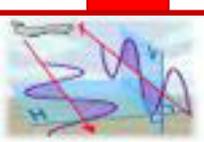
f. Test Formatif

1. Gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu disebut ....
   a) Getaran b) sinyal radio
   c) gelombang d) ionosphere
2. .... adalah suatu getaran yang merambat.
   a) Getaran b) sinyal radio
   c) gelombang d) ionosphere
3. Gelombang radio mempunyai sifat dapat dipantulkan, dibiaskan, direfraksi dan dipolarisasikan, hal ini seperti sifat ....

a) Air b) Sinar

c) Udara d) antena

4. Kecepatan rambat gelombang elektromagnetik di udara adalah... tiap detik.
   a) 30.000 m b) 300.000 m
   c) 30.000 km d) 300.000 km
5. Lapisan udara yang mempunyai kemampuan untuk membiaskan dan memantulkan gelombang radio disebut ....
   a) Atmosphere b) Ionosphere
   c) Stratosphere d) Troposphere
6. Frekuensi gelombang radio yang mungkin dapat dipantulkan kembali adalah frekuensi ....
   a) HF b) VHF
   c) UHF d) SHF
7. Daerah gelombang ... sedikit terjadi redaman jika digunakan untuk komunikasi menggunakan gelombang bumi.
   a) LW b) MW
   c) SW d) UHF
8. Pada komunikasi jarak yang jauh dapat timbul interferensi diantara gelombang bumi dan angkasa yang disebut ....
   a) Pantulan b) Biasan
   c) Polarisasi d) fading
9. Penguatan daya yang dipancarkan oleh antena tertentu dibandingkan dengan antena *isotropis*ditunjukkan dengan satuan ....
   a) dBm b) dBd
   c) dBi d) dBv
10. Pancaran gelombang radio oleh antena ... mempunyai kekuatan yang sama ke segala arah mata angin.
    a) Horizontal b) Pengarah
    c) Yagi d) vertikal

g. Lembar Jawaban

1	a	b	c	D
2	a	b	c	D
3	a	b	c	D
4	a	b	c	D
5	a	b	c	D
6	a	b	c	D
7	a	b	c	D
8	a	b	c	D
9	a	b	c	D
10	a	b	c	D

KEGIATAN BELAJAR 2:

Polarisasi Antena

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

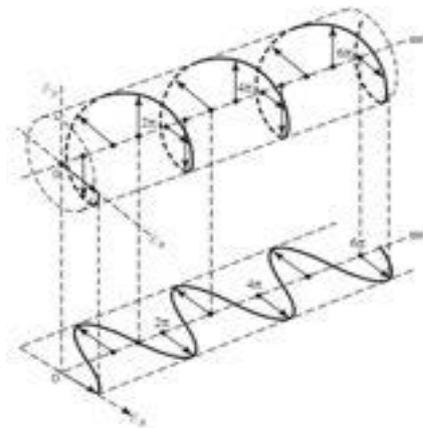
1. Memahami polarisasi antena
2. Memahami distribusi arus dan tegangan antena

b. Uraian Materi

Polarisasi Antena

Polarisasi antena adalah arah medan listrik yang diradiasikan oleh antena. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah gain maksimum. Polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antena, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda.

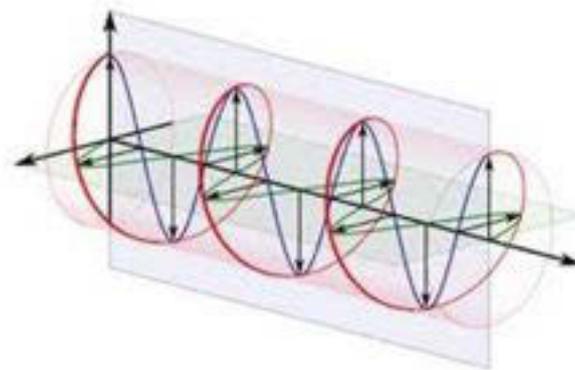
Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektromagnet yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik yang bervariasi menurut waktu. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang diradiasikan dan diterima oleh antena pada suatu arah tertentu. Polarisasi dapat diklasifikasikan sebagai *linear* (linier), *circular* (melingkar), atau *elliptical* (elips).

Polarisasi Linier

Gambar 2.1. Polarisasi Linier

Polarisasi Melingkar

Polarisasi melingkar terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik (magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mencapai jenis polarisasi ini adalah :

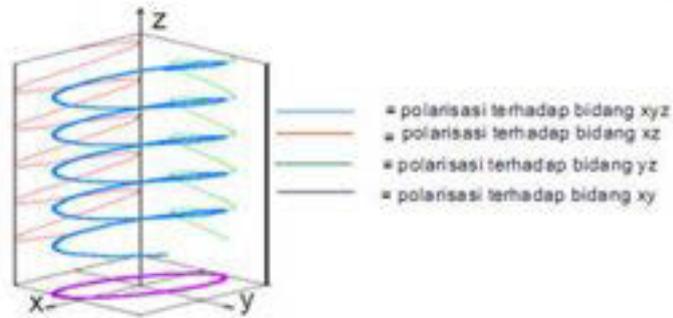
- medan harus mempunyai 2 komponen yang saling tegak lurus linier
- kedua komponen tersebut harus mempunyai magnitudo yang sama
- kedua komponen tersebut harus memiliki perbedaan fasa waktu pada kelipatan ganjil 90^0

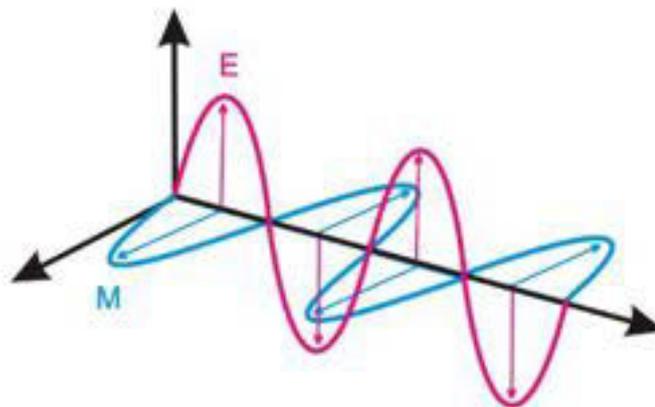
Polarisasi melingkar dibagi menjadi dua, yaitu *Left Hand Circular Polarization* (LHCP) dan *Right Hand Circular Polarization* (RHCP).

Gambar 2.2. Polarisasi Melingkar

Polarisasi Elips

Polarisasi elips terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan elips pada ruang. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mendapatkan polarisasi ini adalah :

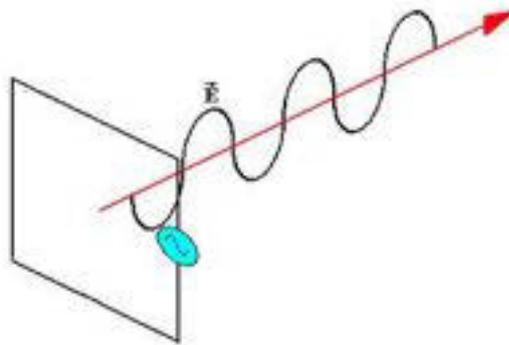
a. Medan harus mempunyai dua komponen linier orthogonal
b. Kedua komponen tersebut harus beada pada magnitudo yang sama atau berbeda
c. Jika kedua komponen tersebut tidak berada pada magnitudo yang sama perbedaan fasa waktu antara kedua komponen tersebut harus tidak bernilai 0^0 atau kelipatan 180^0 (karena akan menjadi linier). Jika kedua komponen berada pada magnitudo yang sama makan perbedaan fasa

diantara kedua komponen tersebut harus tidak merupakan kelipatan ganjil dari 90^0 (karena akan menjadi lingkaran).

Gambar 2.3. Polarisasi *Eclips*

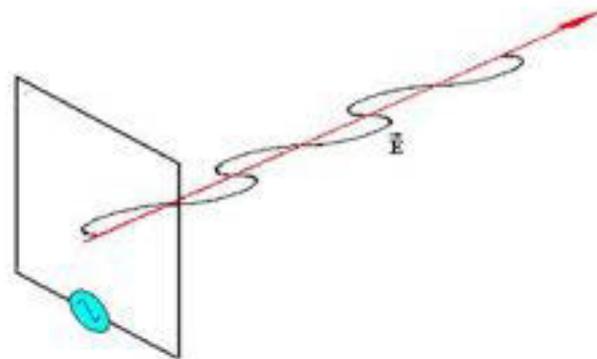
Polarisasi antena merupakan orientasi perambatan radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu antena dimana arah elemen antenaterhadap permukaan bumi sebagai referensi lain. Energi yang berasal dari antena yang dipancarkan dalam bentuk sphere, dimana bagian kecil dari sphere disebut dengan wave front. Pada umumnya semua titik pada gelombang depan sama dengan jarak antara antena. Selanjutnya dari antena tersebut, gelombang akan membentuk kurva yang kecil atau mendekati. Dengan mempertimbangkan jarak, right angle ke arah dimana gelombang tersebut dipancarkan, maka polarisasi dapat digambarkan sebagaimana Gambar 2.4.

Gambar 2.4. Polarisasi Antena

Ada empat macam polarisasi antena ditinjau dengan referensi permukaan tanah yaitu polarisasi vertikal, polarisasi horizontal, polarisasi circular, dan polarisasi cross.

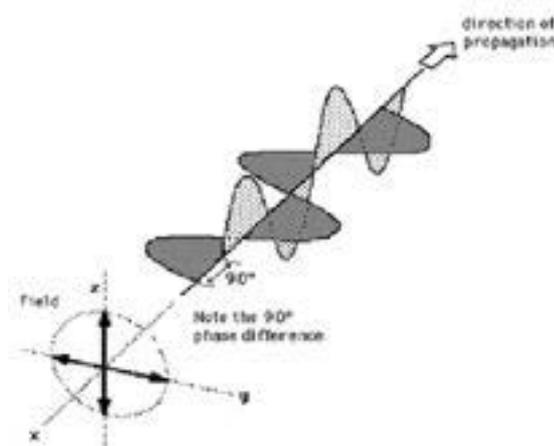
Polarisasi Vertikal

Radiasi gelombang elektromagnetik dibangkitkan oleh medan magnetik dan gaya listrik yang selalu berada di sudut kanan. Kebanyakan gelombang elektromagnetik dalam ruang bebas dapat dikatakan berpolarisasi linier. Arah dari polarisasi searah dengan vektor listrik. Bahwa polarisasi tersebut adalah vertikal jika garis medan listrik yang disebut dengan garis E berupa garis vertikal maka gelombang dapat dikatakan sebagai polarisasi vertikal. Gambar 2.5 menunjukkan polarisasi vertikal.

Gambar 2.5. Polarisasi Vertikal

Polarisasi Horizontal

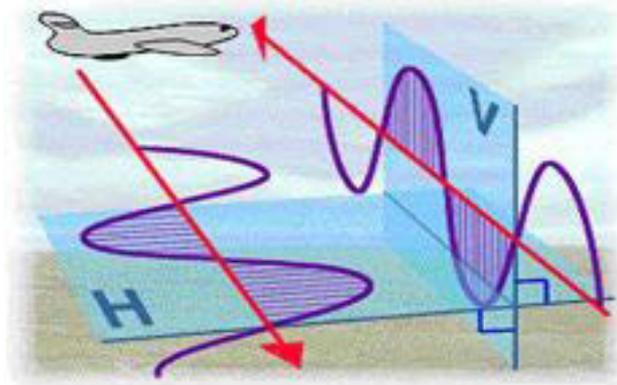
Antena dikatakan berpolarisasi horizontal jika elemen antena horizontal terhadap permukaan tanah. Polarisasi horizontal digunakan pada beberapa jaringan wireless. Gambar 2.6 menunjukkan polarisasi horizontal.

Gambar 2.6. Polarisasi Horizontal

Polarisasi Circular

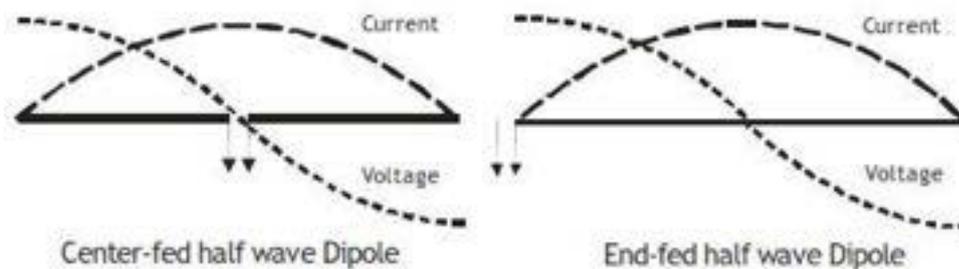
Polarisasi circular pernah digunakan pada beberapa jaringan wireless. Dengan antena berpolarisasi circular, medan electromagnet berputar secara konstan terhadap antena. Gambar 2.7 menunjukkan polarisasi circular.

Gambar 2.7. Polarisasi Circular

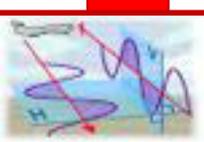
Ada dua jenis turunan pada antena polarisasi circular berdasarkan cara membuatnya yaitu left hand circular dan right hand circular. Medan elektromagnetik pada right hand circular berputar searah jarum jam ketika meninggalkan antena. Medan elektromagnetik pada left hand circular berputar berlawanan arah jarum jam ketika meninggalkan antena.

Polarisasi Cross

Polarisasi cross terjadi ketika antena pemancar mempunyai polarisasi horizontal, sedangkan antena penerima mempunyai polarisasi vertikal atau sebalikanya. Gambar 2.8 menunjukkan polarisasi cross.

Gambar 2.8. Polarisasi Cross

Distribusi Arus dan Tegangan (Current & Voltage Distribution)

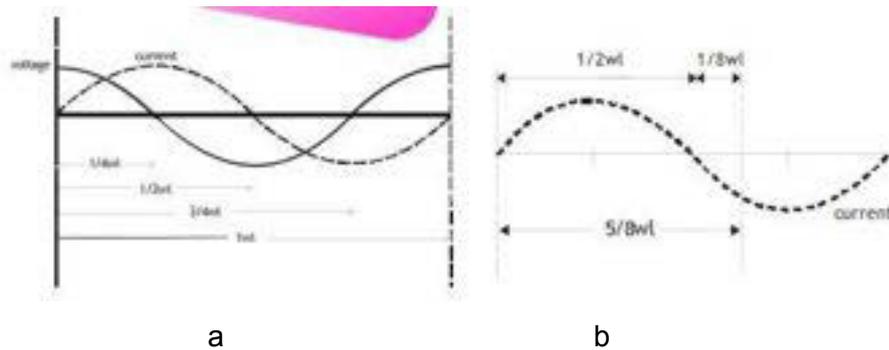
Jika sebuah antena diberikan masukan berupa arus RF, maka bisa diamati bagaimana pembagian arus dan tegangan pada setiap titik di sepanjang elemen antenna tersebut. ARUS selalu minimum (BUKAN nol) pada kedua ujung antenna (titik-titik current node). Sebenarnya arus TIDAK PERNAH mencapai nilai nol pada ujung-ujung antenna, karena adanya *capacitance* yang dihasilkan oleh adanya isolator, ikatan ujung-ujung antenna pada isolator, kedekatan elemen dengan kawat perentang ke tiang/mast dan sebagainya.

Gambar 2.9. Arus dan Tegangan pada Antena

Seperti terlihat pada gambar2.9, pada Antena Dipole 1/2λ titik dengan current maxima atau *current loop* terdapat di tengah-tengah bentangan kawat, yang merupakan titik dengan low impedance (< 100 ohm atau sekitar 40 – 80 ohm), sehingga *Center Fed Half wave Dipole* bisa diumpan dengan kabel coaxial

50-70 ohm. Hal sebaliknya berlaku bagi tegangan/voltage, pada Antenna Dipole 1/2λ di kedua ujung antenna terdapat *voltage loop*, dan titik dengan voltage node terdapat di tengah-tengah bentangan kawat. Pada *End Fed Half wave Dipole*pengumpanan dilakukan pada titik voltage loop dengan high impedance, dan karenanya biasa dilakukan lewat *open wire* dengan impedansi ratusan ohm.

Pada titik voltage node tegangan TIDAK PERNAH mencapai nilai nol karena adanya resistasi pada titik tersebut, yang terdiri dari *ohmic resistance* dari logam (tembaga, aluminum dll.) bahan pembuatan kawat atau *tubing elemen antenna*, dan radiation resistance dari antennanya sendiri. Pada rentang band HF, nilai *ohmic resistance* ini dianggap relatip kecil dibandingkan dengan radiation resistance, sehingga bisa diabaikan saja.

Merangkum paragrap di atas dapat disimpulkan bahwa pada Antenna Dipole 1/2λ: (1). Di tengah bentangan kawat terdapat *current maximum* dengan low impedance, sedangkan di ujung-ujung bentangan antenna didapati titik-titik voltage maximum dengan *high impedance*. (2). Karena titik dengan *current maximum* adalah titik dengan pancaran (radiation) paling optimum, pada instalasinya usahakan titik ini berada pada posisi yang paling tinggi dan paling bebas dari hal-hal yang dapat menghalangi radiasi yang paling maksimal.Pola *Current and Voltage Distribution* pada antenna 1/2λ ini penting sekali untuk dipahami baik-baik karena pola ini berlaku juga pada antenna apapun yang panjangnya berupa kelipatan (baik ganjil maupun genap) dari ukuran 1/2λ tersebut.

Dari hasil “pembacaan” pola *Current and Voltage Distribution* tersebut dapat ditentukan titik pengumpanan (*feedpoint*) yang cocok (apakah pengumpanan dilakukan pada titik dengan low atau high impedance), penyalur transmisi/saltran yang akan dipakai (apakah akan memakai kabel *coaxial* atau *open wire*), dan kalau perlu *matching unit*yang bagaimana yang harus disiapkan (apakah mau berupa rangkaian LC yang diseriatau diparallel), termasuk kalau misalnya harus disiapkan juga ATU (Automatic Tuner Unit) yang sesuai untuk konfigurasi antenna tersebut.

a b

Gambar 2.10. Pola Distribusi Arus dan Tegangan

Pola distribusi arus dan tegangan pada berbagai ukuran panjang antenna bisa dilihat pada gambar 2.10a. Kalau diperlukan pola untuk ukuran panjang yang lain (misalnya untuk panjang 5/8λ, *antenna harmonic*, *antenna long wires*dan sebagainya), tentunya bisa dilakukan dengan mengulang saja gambar di atas sampai tergambar ukuran panjang yang dicari, seperti pada contoh di gambar 2.10b pola distribusi untuk antenna dengan ukuran panjang 5/8λ, yang supaya tidak kelihatan terlalu ruwet hanya diperlihatkan pola distribusi arusnya saja.

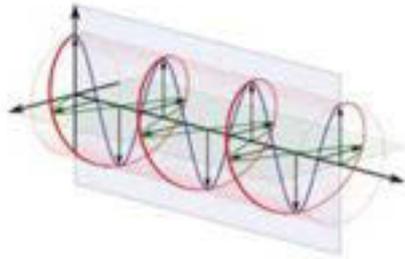
c. Rangkuman

Polarisasi antena adalah arah medan listrik yang diradiasikan oleh antena. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasi merupakan polarisasi pada arah gain maksimum. Polarisasi dari energi yang teradiasi bervariasi dengan arah dari tengah antena, sehingga bagian lain dari pola radiasi mempunyai polarisasi yang berbeda.

d. Tugas

1. Siapkan sebuah antena TV UHF (yang sudah dirakit). Lihat dan amati antena tersebut. Tentukan termasuk antena dengan polarisasi apa? Mengapa? Berikan alasannya !
2. Hubungkan antena tersebut ke pesawat TV. Carilah siaran yang bisa ditangkap dengan jernih. Setelah mendapatkan sebuah siaran yang bagus, putarlah / balikkan antena TV ke posisi vertikal (elemen antena arah vertikal). Amati apa yang terjadi dan berikan argumen anda !.

f. Test Formatif

1.

Gambar diatas menunjukkan polarisasi antena bentuk :

a) Eclip
b) Melingkar
c) Linier
d) Vertikal

2. Ada empat macam polarisasi antena ditinjau dengan referensi permukaan tanah. Dibawah ini yang tidak termasuk ke empat macam polarisasi antena adalah :

a) Elips
b) Horizontal
c) Cross
d) Vertikal

3. Polarisasi ... terjadi ketika antena pemancar mempunyai polarisasi horizontal, sedangkan antena penerima mempunyai polarisasi vertikal atau sebalikanya.

a) Elips
b) Horizontal
c) Cross
d) Vertikal

4. Antena dengan medan electromagnet berputar secara konstan terhadap antena disebut polarisasi ....

a) Vertical
b) Horizontal
c) Cross
d) Circular

5. Pada antena dipole 1/2λ titik dengan current maxima atau *current loop* terdapat di ... bentangan kawat.

a) Ujung atas
b) Ujung bawah
c) Tengah-tengah
d) Kedua ujung

g. Lembar Jawaban

Nomor	Pilihlah jawaban yang benar dengan memberi tanda silang			
1	A	b	c	d
2	A	b	c	d
3	A	b	c	d
4	A	b	c	d
5	A	b	c	d

KEGIATAN BELAJAR 3:

Impedansi Antena

a. Tujuan Pembelajaran

1. Memahami pentingnya kesesuaian impedansi antena.
2. Menginterpretasikan pentingnya kesesuaian impedansi antena dan posisi ketinggian terhadap tanah.

b. Uraian Materi

Impedansi Antena

Impedansi input suatu antena adalah impedansi pada terminalnya. Impedansi input akan dipengaruhi oleh antena-antena lain atau obyek-obyek yang dekat dengannya. Untuk mempermudah dalam pembahasan diasumsikan antena terisolasi.

Impedansi antena terdiri dari bagain riil dan imajiner, yang dapat dinyatakan dengan :

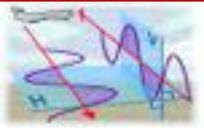
$$Z_{in} = R_{in} + j X_{in}$$

Resistansi input (R_{in}) menyatakan tahanan disipasi. Daya dapat terdisipasi melalui dua cara, yaitu karena panas pada srtuktur antena yang berkaitan dengan perangkat keras dan daya yang meninggalkan antena dan tidak kembali (teradiasi). Reaktansi input (X_{in}) menyatakan daya yang tersimpan pada medan dekat dari antena. Disipasi daya rata-rata pada antena dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_{in} = ½ R \, l \, I_{in} \, l^2 \qquad (1.30)$$

Dimana :

I_{in} : arus pada terminal input

Faktor ½ muncul karena arus didefinisikan sebagai harga puncak. Daya dissipasi dapat diuraikan menjadi daya rugi *ohmic* dan daya rugi radiasi, yang dapat ditulis dengan :

$P_{in} \quad = P_{ohmic} + P_r$ (1.31)

Dimana :

$P_r \quad : \frac{1}{2} R_{in} \mid I_{in} \mid^2$

$P_{ohmic} \quad = \frac{1}{2} R_{ohmic} \mid I_{in} \mid^2$

Sehingga definisi resistansi radiasi dan resistansi ohmic suatu antena pada terminal input adalah :

$$R_{in} = \frac{2P_r}{|P_m|^2} \quad (1.32a)$$

$$R_{ohmic} = \frac{2(P_m - P_r)}{|P_m|^2} \quad (1.32b)$$

Resistansi radiasi merupakan relatif terhadap arus pada setiap titik antena. Biasanya digunakan arus maksimum, dengan kata lain arus yang digunakan pada persamaan 1.30 adalah arus maksimum. Sifat ini sangat mirip dengan impedansi beban pada teori rangkaian. Antena dengan dimensi kecil secara listrik mempunyai reaktansi input besar, sebagai contoh dipole kecil mempunyai reaktansi kapasitif dan loop kecil mempunyai reaktansi induktif.

Untuk memaksimumkan perpindahan daya dari antena ke penerima, maka impedansi antena haruslah *conjugate match* (besarnya resistansi dan reaktansi sama tetap berlawanan tanda). Jika hal ini tidak terpenuhi maka akan terjadi pemantulan energi yang dipancarkan atau diterima, sesaui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Gamma_L = \frac{e_1^-}{e_1^+} = \frac{Z_1 - Z_m}{Z_1 + Z_m} \quad (1.33)$$

Dengan :

e^-_L= tegangan pantul $\qquad$ Z_L = impedansi beban

e^+_L= tegangan datang $\qquad$ Z_{in} = impedansi input

Sedangkan *Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)*, dinyatakan sebagai berikut :

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (1.34)$$

Impedansi antena juga dapat diketahui dengan mengetahui koefisien pantul dengan persamaan :

$$\Gamma = \left| \frac{Z_A - Z_O}{Z_A + Z_O} \right| \quad (2.3)$$

dengan :

Z_A= impedansi antena (Ω)

Z_O = impedansi karakterisitk (Ω)

Γ = koefisien pantul

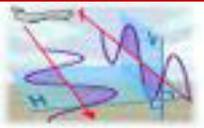
Koefisien pantul sangat menentukan besarnya VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) antena, karena dengan VSWR ini juga dapat ditentukan baik buruknya antena, yang dinyatakan oleh persamaan :

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.4)$$

VSWR adalah pengukuran dasar dari impedansi *matching* antara *transmitter* dan antena. Semakin tinggi nilai VSWR maka semakin besar pula *mismatch*, dan semakin minimum VSWR maka antena semakin *matching*. Dalam perancangan antena biasanya memiliki nilai impedansi masukan sebesar 50 Ω atau 75 Ω.

Jika sebuah antena secara pengukuran tidak sesuai impedansinya dengan perangkat pemancarnya maka akan terjadi kerugian, yaitu daya dari pemancar tidak bisa di transmisikan oleh antena secara maksimal. Ini akan mengakibatkan antara lain :

1. Jangkauan pemancar tidak bisa maksimal (sejauh mungkin) sesuai dengan daya pancar pemancar yang seharusnya.
2. Akan terjadi daya balik ke pemancar sehingga pemancar akan panas dan pada akhirnya akan rusak.
3. Timbulnya berbagai ganguan (harmonisa) yang berasal dari antena tersebut yang mengganggu penerimaan antena-antena yang berada di sekitarnya, misalnya penerima Radio atau Televisi disekitar pemancar tersebut.

Untuk mengukur apakah antena sudah matching dengan perangkat pemancar, dibutuhkan alat yang namanya SWR Meter. Yang perlu diperhatikan dalam menggunakan SWR Meter adalah frekuensi kerja dari pemancar harus sesuai

dengan kemampuan kerja frekuensi SWR. Selain itu juga kemampuan daya SWR harus sesuai dengan daya pemancar yang akan di ukur.
Dalam prakteknya *VSWR* harus bernilai lebih kecil dari 2 (dua).

Pentingnya Kesesuaian Impedansi Antena dan Ketinggian Terhadap Tanah

Kesesuaian antara Impedansi antena dengan saluran transmisi dan pemancarnya sangat penting sekali. Jika sebuah antena memiliki impedansi yang berbeda jauh dengan saluran transmisi dan atau dengan pemancarnya, maka antena tersebut tidak akan bekerja dengan maksimal. Demikian juga jika impedansi antena dan saluran transmisi sudah sesuai, namun tidak sesuai dengan impedansi pemancarnya, maka pamcaran antena juga tidak akan maksimal. Walaupun hal tersebut jarang terjadi. Karena impedansi pemancar radio biasanya sudah di standarkan yaitu 50 Ohm (□).

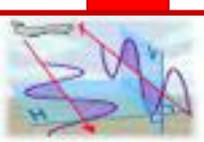
Kabel Saluran transmisi yang umum mempunyai impedansi 50□□dan 75□□untuk yang unbalance. Sedangkan kabel transmisi yang balance mempunyai impedansi 300□□□(kabel feeder antena televisi). Dengan demikian kita tinggal memilih model dan type kabel jika akan memasang antena pemancar maupun antena penerima. Dibawah contoh kabel transmisi atau kabel saluran antena.

	Contoh kabel 3C2V dengan impedansi 75 □□□Biasanya dipakai untuk kabel penerima Televisi.
	Contoh kabel Feeder 300 □□□merupakan salah satu contoh kabel balance. Biasanya digunakan untuk kabel penerima Televisi. (model antena tv yang lama).

	Gambar disamping adalah contoh kabel RG 58 yang mempunyai impedansi 50 □□□Biasanya dipakai untuk kabel transmisi pemancar HF atau VHF yang berdaya kecil.
	Gambar disamping adalah contoh kabel RG 8 yang mempunyai impedansi 50 □□□Biasanya kabel ini dipakai untuk kabel transmisi pemancar HF atau VHF yang berdaya menengah. Ada 2 jenis kabel, yaitu yang mempunyai iner serabut dan iner tunggal.
	Gambar disamping adalah contoh kabel Heliax yang mempunyai impedansi 50 □□ Biasanya kabel ini digunakan untuk kabel transmisi pemancar VHF maupun UHF yang mempunyai daya besar.

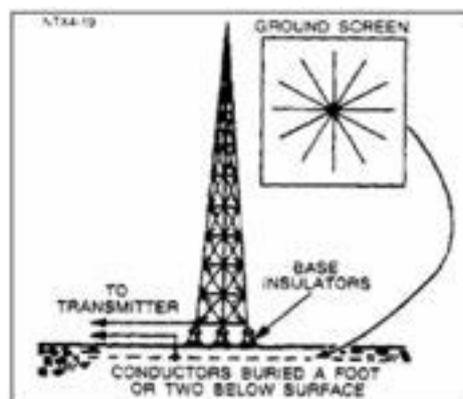
Gambar 3.1. Macam-macam kabel transmisi

Dalam perencanaan pemasangan antena baik antena penerima maupun pemancar, hal yang sangat penting antara lain adalah memilih dan menentukan kabel transmisi sesuai dengan kebutuhannya. Ini penting untuk menjaga kesesuaian impedansi pemancar atau penerima, kabel transmisi dan antenanya.

Antena pemancar dan penerima yang dengan ketinggian rendah, maka gelombang langsung dan gelombang pantulan hampir mempunyai besaran

amplitudo yang sama, tetapi bisa berbeda fasa dan berkecenderungan saling meniadakan satu sama lainnya.

Dengan bertambahnya ketinggian antena, jalur yang berbeda, maka fasa yang berkaitan dengan itu akan berbeda antara dua gelombang dan bertambah sehingga tidak dapat menjadi saling meniadakan. Keadaan ini diistilahkan dengan pernyataan yang dikenal sebagai faktor high-gain (fh) yang merupakan fungsi frekuensi dan konstanta tanah.

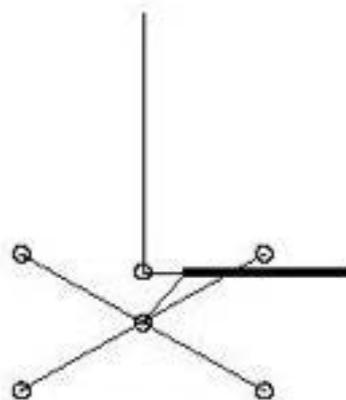
Ground memberikan pengaruh losses untuk beberapa frekuensi. Seperti losses dapat segera direduksi jika antena disambungkan dengan baik dengan ground, yang telah disediakan di alam sekitarnya. Ini merupakan tujuan dari ground screen dan Counterpoise seperti yang ditunjukan pada gambar dibawah.

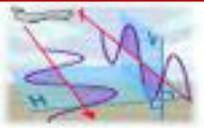
Ground screen seperti sebuah konduktor yang diatur pada bentuk radial dari sebuah konduktor seri. Panjang konduktor masing-masing biasanya ½ dari gelombang panjangnya. Ground screen pada gambar 6.15. merupakan komposisi dengan konduktor seri yang diatur dalam radial paterndan disembunyikan dalam 1-3 feed di bawah permukaan tanah. Konduktor ini masing-masing memiliki ½ panjang gelombang,dengan menghilangkan ground losess setelah sampai tertinggal tiap-tiap losessnya dalam penyebaran antena.

Gambar 3.2. Grounding Screen

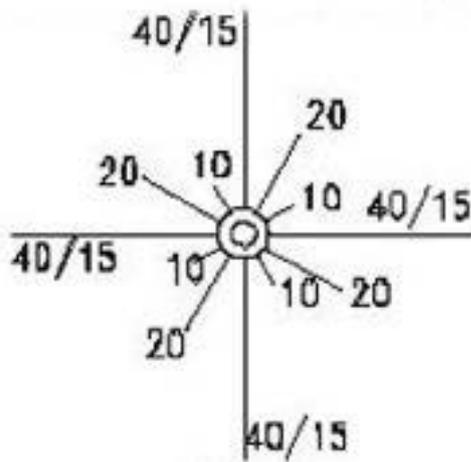
Kebanyakan antenna bermasalah dengan *ground losses resistance*, ada yang memasangnya dalam ketinggian tertentu dan ada pula yang di letakan rata dengan tanah ada pula yang diletakan di samping bangunan metal atau beton.

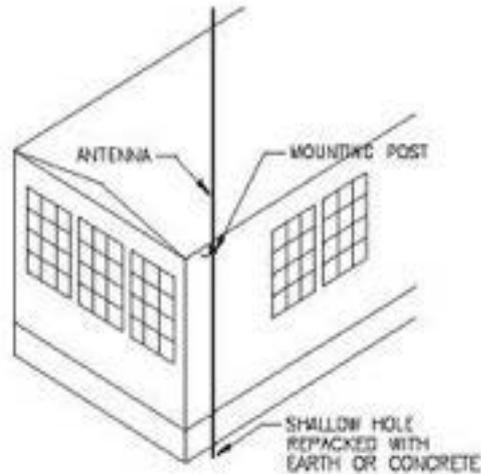
Tentunya mengakibatkan perubahan radiasi dan *ground resistance* dan juga *feed point impedance.* Panjang ground plane radial sekitar ¼ lamda dan ketinggian antenna secara keseluruhan sebaiknya lebih tinggi dari ½ lamda atau akan lebih baik untuk medapatkan *zero ohms ground resistance*. Kurang lebih sekitar 12-15 meter dari atas tanah akan menambah kemampuan daya pancar dari antenna *vertical performance*, apalagi jika dipakai untuk kondisi band VHF dan UHF atau *high band*.

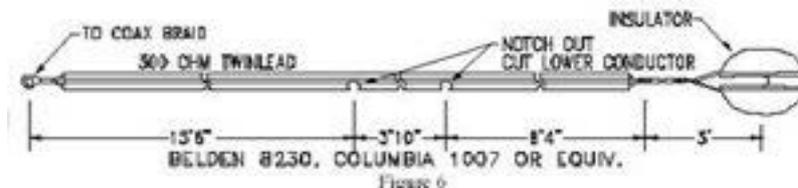
Antenna Vertikal jika dapasangkan dengan ketinggian yang pas-pasan atau paling tidak hanya ½ lamda dari permukaan tanah membutuhkan paling tidak 4 atau lebih radial untuk meredam efek loss dari ground dan akan lebih baik jika ditambahkan lagi *radial ground plane* sebanyak banyaknya. Mari kita coba menghitung panjang radial ground plane yang sesuai, supaya bisa tepat masuk pada resonansi frekuensi, denga perhitungan sebagai berikut :

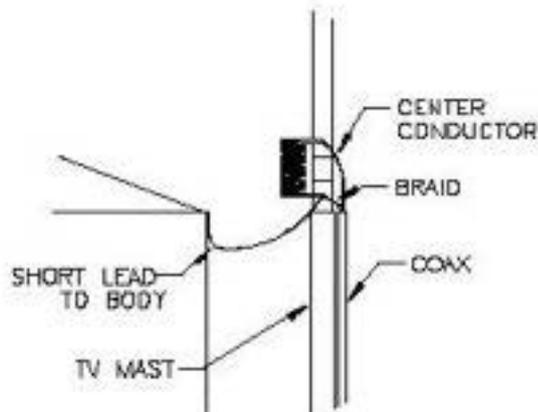
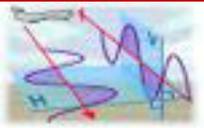
$$\text{Length (feet)} = \frac{240}{\text{Freq (Mhz)}}$$

Gambar 3.3. Model antena vertikal

Pada Gambar diatas adalah dasar gambar dari antenna ground plane. Radial terletak dibawah feed point 90 derajad terhadap radiator atau *whipe antenna*, bahkan jika ditambahkan lebih besar dari 90 derajad tidak akan membuat efek yang besar. Panjang radial sesuaikan dengan perhitungan frequency yang digunakan untuk transmit pada band tertentu, dan jika antenna

vertikal dibuat dengan rancangan multiband, sesuaikan panjang radial ground plane dengan frequency kerja, atau paling tidak dapat menambahkan radial lainnya sesuai dengan resonan frequency kerja.

Khusus untuk HF Band frequency kerja di ham band dari mulai 80 – 10 meter, jika kita bereksperimen antenna vertikal multiband dengan trap coil atau system colinear, linear loaded guna memperpendek secara fisik radiator antenna yang sedang dibuat, maka Ground radial harus dibuat sesuai atau match antara panjang fisik radiator dan radial agar mudah untuk mendapatkan Vswr yang rendah (Lihat Rumus perhitungan di atas).

Gambar 3.4. Peletakan Radial Ground

Pada Gambar 3.4. menunjukan peletakan radial ground plane yang baik, sehingga sesuai dengan frequency kerja dari masing masing band, dan untuk operasi di setiap band yang berbeda mendapatkan radiasi yang sesuai, dikarenakan peletakan radial pada masing masing band tepat.

Gambar 3.5. Model peletakan ground pada dinding rumah

Pada gambar 3.5. Peletakan radial tidak balance akan merubah arah radiasi antenna serta performance nya sehingga perbedaan arah radiasi selau ada jika beroperasi di lain band dikarenakan hanya satu radial yang bekerja untuk frequency tertentu. Pabrik Pabrik antenna menyarankan jika membuat antenna vertikal disarankan agar menggunakan paling tidak dua radial ground plane per band agar lebih baik radiasi pancaranya.

Gambar 3.6. Multi band radial

Multiband radial 40,20,15,10 m band bisa juga dirancang seperti gambar 6, untuk mendapatkan impedance pada feed point yang sesuai. Material yang digunakan adalah twin lead 300 ohm Tv Cabel, dengan kualitas terbaik untuk dapat digunakan untuk penggunaan sebagai radial ground dengan faktor velocity yang sangat kritis.

Gambar 3.7. Pemasangan antena vertikal

Bracket Antenna Pada Tower

Apabila antenna vertikal yang dipasang pada sebuah tiang antenna atau tower untuk menopang antenna radial harus terkoneksi langsung ke ground atau paling tidak sambungkan langsung ke body tower agar mendapatkan ground yang terbaik, hal ini penting karena salah satu funngsi resonanse radial untuk di tune membutuhkan metal struktur yang tersambung ke ground, jika tidak terkoneksi ground dengan baik, maka radiator antenna menjadi long wire yang arah radiasinya tidak terkendali.

Banyak Hams radio mencoba antenna vertikal tidak terlalu tinggi dari tanah atau bila di gedung bertingkat hanya diletakan pada jendela , atau di letakan di sisi dari tower dan bahkan di pucuk menara tower antenna, letak antenna masing masing punya kelebihan dan kekurangan tetapi mereka cukup puas dengan kondisi apa adanya. Letak antenna vertikal agar baik pancarannya sebaiknya diletakan setinggi mungkin dari bangunan dan pohon pohon yang ada di sekitarnya sehingga mendapatkan radiasi pancaran yang lepas tanpa ada hambatan dari ground ataupun benda benda metal yang ada disekelilingnya.
Hal yang terbaik lagi adalah selalu melatih diri dalam instalasi berbagai jenis antennna agar selalu mendapatkan hasil yang optimal.

c. Rangkuman

Impedansi input suatu antena adalah impedansi pada terminalnya. Impedansi input akan dipengaruhi oleh antena-antena lain atau obyek-obyek

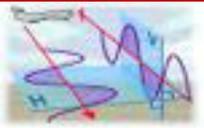
yang dekat dengannya. Untuk mempermudah dalam pembahasan diasumsikan antena terisolasi. Kesesuaian antara Impedansi antena dengan saluran transmisi dan pemancarnya sangat penting sekali. Jika sebuah antena memiliki impedansi yang berbeda jauh dengan saluran transmisi dan atau dengan pemancarnya, maka antena tersebut tidak akan bekerja dengan maksimal. Demikian juga jika impedansi antena dan saluran transmisi sudah sesuai, namun tidak sesuai dengan impedansi pemancarnya, maka pamcaran antena juga tidak akan maksimal. Walaupun hal tersebut jarang terjadi. Karena impedansi pemancar radio biasanya sudah di standarkan yaitu 50 Ohm (□).

Kabel Saluran transmisi yang umum mempunyai impedansi 50□□dan 75□□untuk yang unbalance. Sedangkan kabel transmisi yang balance mempunyai impedansi 300□□□(kabel feeder antena televisi). Dengan demikian kita tinggal memilih model dan type kabel jika akan memasang antena pemancar maupun antena penerima.

d. Tugas

Buat kelompok diskusi yang terdiri dari 4 sampai dengan 6 orang. Identifikasikan macam-macam kabel feeder untuk pesawat penerima, baik penerima televisi maupun penerima radio. Kelompokkan masing-masing kabel feeder dalam kelompok impedansi 50 Ohm, 75 Ohm dan 300 Ohm.

e. Lembar Kerja

Kabel feeder Kelompok Impedansi 50 Ohm	....
Kabel feeder Kelompok Impedansi 75 Ohm	....

	....
Kabel feeder **Kelompok** **Impedansi 300 Ohm**	....

f. Test Formatif

1. Impedansi input suatu antena adalah impedansi pada. Impedansi input akan dipengaruhi oleh:
   a. antena-antena lain
   b. obyek-obyek yang dekat dengannya
   c. suhu dan kepadatan udara
   d. a dan b benar
2. Resistansi input (R_{in}) menyatakan tahanan disipasi. Daya dapat terdisipasi melalui dua cara, yaitu karena :
   a. panas pada struktur antena yang berkaitan dengan perangkat keras
   b. daya yang meninggalkan antena dan kembali
   c. daya yang meninggalkan antena dan tidak kembali
   d. jawaban a dan c benar
3. Kabel Heliax yang mempunyai impedansi 50 □□ Biasanya kabel ini digunakan untuk kabel transmisi :
   a. pemancar VHF maupun EHF yang mempunyai daya kecil.
   b. pemancar SHF maupun UHF yang mempunyai daya besar.
   c. pemancar VHF maupun UHF yang mempunyai daya besar.
   d. pemancar VHF maupun UHF yang mempunyai daya kecil.
4. Kabel RG 58 yang mempunyai impedansi :
   a. 50 □□biasanya dipakai untuk kabel transmisi pemancar HF atau VHF yang berdaya kecil
   b. 75 □□biasanya dipakai untuk kabel transmisi pemancar HF atau VHF yang berdaya kecil

c. 50 □□biasanya dipakai untuk kabel transmisi pemancar HF atau VHF yang berdaya besar

d. 75 □□biasanya dipakai untuk kabel transmisi pemancar HF atau VHF yang berdaya besar

5. VSWR adalah pengukuran dasar dari impedansi *matching* antara *transmitter* dan antena. Pernyataan yang benar adalah:

   a. Semakin tinggi nilai VSWR maka semakin kecil *mismatch*, dan semakin minimum VSWR maka antena semakin *matching*

   b. Semakin tinggi nilai VSWR maka semakin besar pula *matching*, dan semakin minimum VSWR maka antena semakin *mismatch*

   c. Semakin tinggi nilai VSWR maka semakin besar pula *mismatch*, dan semakin maksimum VSWR maka antena semakin *matching*

   d. Semakin tinggi nilai VSWR maka semakin besar pula *mismatch*, dan semakin minimum VSWR maka antena semakin *matching*

g. Lembar Jawaban

Nomor	Pilihlah jawaban yang benar dengan memberi tanda silang			
1	A	b	C	D
2	A	b	C	D
3	A	b	c	D
4	A	b	c	D
5	A	b	c	D

KEGIATAN BELAJAR 4:

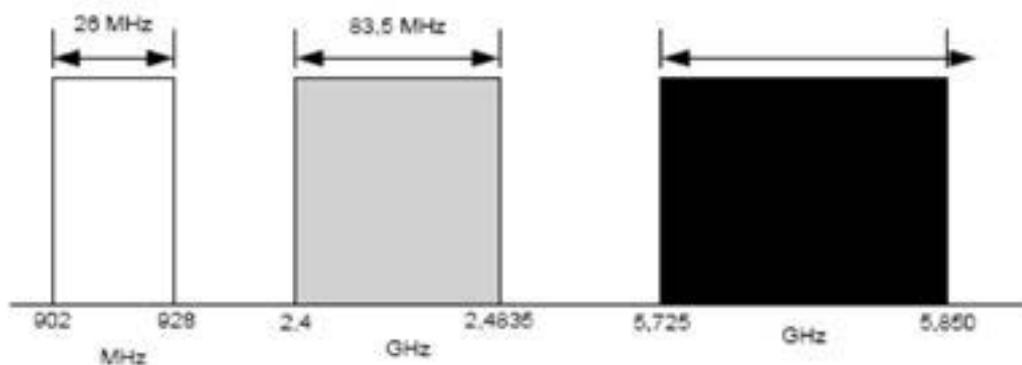
LEBAR PITA ANTENA DAN LEBAR SUDUT PENGARAHAN

a. Tujuan Pembelajaran

- Siswa dapat menginterpretasikan lebar pita antena
- Siswa dapat menginterpretasikan sudut pengarah antena

b. Uraian Materi

Lebar Pita Antena (Antenna Bandwith)

Pemakaian sebuah antena dalam sistem pemancar atau penerima selalu dibatasi oleh daerah frekuensi kerjanya.Pada range frekuensi kerja tersebut antena dituntut harus dapat bekerja dengan efektif agar dapat menerima atau memancarkan gelombang pada band frekuensi tertentu seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1. Bandwidth Antena

Pengertian harus dapat bekerja dengan efektif adalah bahwa distribusi arus dan impedansi dari antena pada range frekuensi tersebut benar-benar belum banyak mengalami perubahan yang berarti. Sehingga pola radiasi yang sudah direncanakan serta VSWR yang dihasilkannya masih belum keluar dari batas yang diijinkan.

Daerah frekuensi kerja dimana antena masih dapat bekerja dengan baik dinamakan *bandwidth antenna.* Suatu misal sebuah antena bekerja pada

frekuensi tengah sebesar f_C, namun ia juga masih dapat bekerja dengan baik pada frekuensi f_1 (di bawah f_C) sampai dengan f_2(di atas f_C), maka lebar *bandwidth* dari antena tersebut adalah ($f_1 – f_2$). Tetapi apabila dinyatakan dalam prosen, maka *bandwidth* antena tersebut adalah :

$$BW = \frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\ \%$$

f2 = frekuensi batas bawah

f1 = frekuensi batas atas

fc = frekuensi center

Bandwidth yang dinyatakan dalam prosen seperti ini biasanya digunakan untuk menyatakan *bandwidth* antena-antena yang memliki *band* sempit (*narrow band*). Sedangkan untuk *band* yang lebar (*broad band*) biasanya digunakan definsi rasio antara batas frekuensi atas dengan frekuensi bawah.

$$BW = \frac{f_2}{f_1} \quad (1.37)$$

Suatu antena digolongkan sebagai antena *broad band* apabila impedansi dan pola radiasi dari antena itu tidak mengalami perubahan yang berarti untuk $f_2 / f_1 > 1$. Batasan yang digunakan untuk mendapatkan $f_2$dan f_1 adalah ditentukan oleh harga *VSWR = 1.*

Bandwidth antena sangat dipengaruhi oleh luas penampang konduktor yang digunakan serta susunan fisiknya (bentuk geometrinya). Misalnya pada antena dipole, ia akan mempunyai *bandwidth* yang semakin lebar apabila penampang konduktor yang digunakannya semakin besar. Demikian pula pada antena yang mempunyai susunan fisik yang berubah secara *smoth*, biasanya iapun akan menghasilkan pola radiasi dan impedansi input yang berubah secara *smoth* terhadap perubahan frekuensi (misalnya pada antena *biconical*, *log periodic,* dan sebagainya*).*Selain daripada itu, pada jenis antena gelombang berjalan (*tavelling wave*) ternyata ditemukan lebih lebar range frekuensi kerjanya daripada antena resonan.

Sudut Pengarahan atau Beamwidth Antenna

Beamwidth Adalah besarnya sudut berkas pancaran gelombang frekuensi radio utama (main lobe) yang dihitung pada titik 3 dB menurun dari puncak lobe utama. Besarnya beamwidth adalah sebagai berikut :

$$B = \frac{21{,}1}{f.d}\, derajat$$

Dimana :

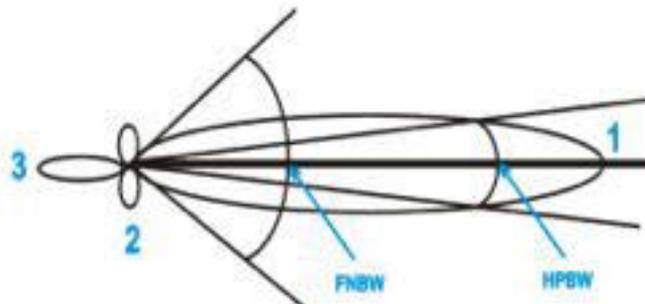
B = 3 dB beamwidth (derajat)

f = frekuensi (GHz)

d = diameter antena (m)

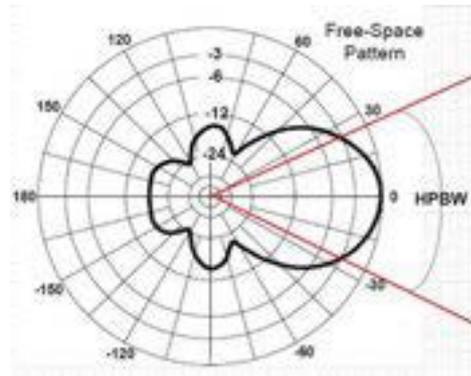
Apabila beamwidth mengacu kepada perolehan pola radiasi, maka beamwidth dapat dirumuskan sebagai berikut :

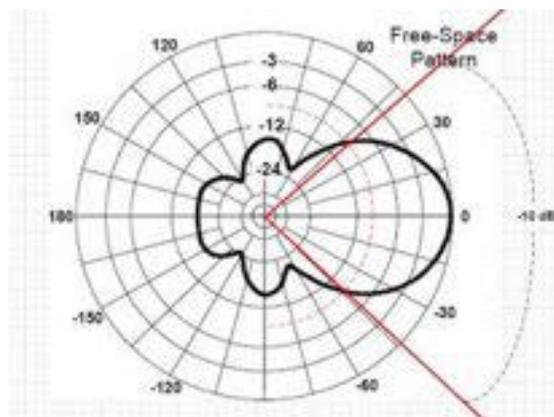
$$\beta = \theta_2 - \theta_1$$

Gambar 4.2menunjukkan tiga daerah pancaran yaitu lobe utama (main lobe,nomor 1), lobe sisi samping (side lobe, nomor dua), dan lobe sisi belakang (back lobe, nomor 3). Half Power Beamwidth (HPBW) adalah daerah sudut yang dibatasi oleh titiktitik ½ daya atau -3 dB atau 0.707 dari medan maksimum pada lobe utama. First Null Beamwidth (FNBW) adalah besar sudut bidang diantara dua arah pada main lobe yang intensitas radiasinya nol.

Gambar 4.2. Beamwidth Antena

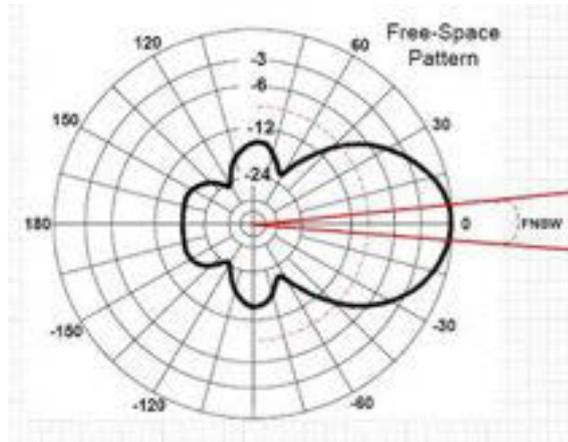
HPBW (Half Power Beam Width)

Merupakan sudut pancaran antena dimana dayanya turun setengah (-3dB) terhadap daya terima paling besar. Pada umumnya sudut HPBW antena ini

digunakan untuk menentukan besarnya azimuth antena. Dalam spesifikasi antena kita mengenal banyak azimuth antena misalkan saja (satuan sudut = derajad) 45, 60, 90, 120 dansebagainya.

Gambar 4.3.. Half Power Beam Width

10dB Beam Width

Gambar 4.4. 10dB Beam Width

Merupakan sudut pancaran antena dimana dayanya berkurang 10X (-10dB) dari daya terima maksimal.

First Null Beam Width (FNBW)

Gambar 4.5. First Null Beam Width

Merupakan sudut pancaran antena dimana daya terimanya yang paling tinggi diantara daya terima yang lainnya.

Dari ketiga jenis Beam Width tersebut diatas dapat kita lihat :

1. Antena dengan sudut beam width yang lebar yaitu -10dB akan mengakibatkan gain antena menjadi kecil. Karena daya yang ada sudah tersebarkan pada sudut pancaran polarisasi tersebut.
2. Antena dengan sudut beam width yang sempit ditunjukkan pada FNBW. Semakin kecil sudut FNBW maka antena tersebut mempunyai gain yang besar.

c. Rangkuman

Daerah frekuensi kerja dimana antena masih dapat bekerja dengan baik dinamakan *bandwidth antenna.* Suatu antena digolongkan sebagai antena *broad band* apabila impedansi dan pola radiasi dari antena itu tidak mengalami perubahan yang berarti untuk $f_2 / f_1 > 1$. Batasan yang digunakan untuk mendapatkan $f_2$dan f_1 adalah ditentukan oleh harga $VSWR = 1$.

Beamwidth Adalah besarnya sudut berkas pancaran gelombang frekuensi radio utama (main lobe) yang dihitung pada titik 3 dB menurun dari puncak lobe utama

d. Tugas

Buat kelompok diskusi terdiri dari 4 sampai dengan 6 orang. Jawablah pertanyaan di bawah ini.

1. Sebuah antena bekerja pada frekuensi tengah sebesar *100 MHz*, masih dapat bekerja dengan baik pada frekuensi *90 MHz* – 110 MHz, maka berapa lebar *bandwidth* dari antena ?
2. Diketahui sebuah antena, dengan B = 3 dB beamwidth (derajat) , f = 20 GHz) . Hitung diameter antena

e. Lembar Kerja

Jawab No.1 .... Jawab No.2 ....

f. Test Formatif

1. Pemakaian sebuah antena dalam sistem pemancar atau penerima selalu dibatasi oleh...
   a. Daerah frekuensi kerjanya
   b. Daya pancarannya
   c. Penguatan sinyal pembawanya
   d. Jarak pancarannya
2. Daerah frekuensi kerja di mana antena masih dapat bekerja dengan baik dinamakan...

a. Frekuensi batas bawah antena

b. Frekuensi batas atas antena

c. Frekuensi pembawa

d. *Bandwidth antenna*

3. *Bandwidth* antena sangat dipengaruhi oleh...

a. Luas penampang isolator yang digunakan

b. Panjang konduktor yang digunakan serta susunan fisiknya (bentuk geometrinya)

c. Luas penampang konduktor yang digunakan serta susunan fisiknya (bentuk geometrinya

d. Luas penampang konduktor yang digunakan serta susunan penampangnya

4. Beamwidth adalah besarnya sudut berkas pancaran gelombang frekuensi radio utama (main lobe) yang dihitung pada...

a. titik 3 dB menurun dari puncak lobe utama

b. titik 13 dB menurun dari puncak lobe utama

c. titik 20 dB menurun dari puncak lobe utama

d. titik 30 dB menurun dari puncak lobe utama

5. Half Power Beam Width merupakan sudut pancaran antena dimana dayanya turun setengah...

a. (-3dB) terhadap daya terima paling kecil

b. (-3dB) terhadap daya pancar paling besar

c. (-3dB) terhadap daya yang diterima minimum

d. (-3dB) terhadap daya paling besar

g. Lembar Jawaban

Nomor	Pilihlah jawaban yang benar dengan memberi tanda silang			
1	a	b	c	d
2	a	b	c	d
3	a	b	c	d
4	a	b	c	d
5	a	b	c	d

KEGIATAN BELAJAR 5

Penghantar Antena

a. Tujuan Pembelajaran

Siswa diharapkan dapat memahami jenis penghantar simetri dan asimetris pada antena

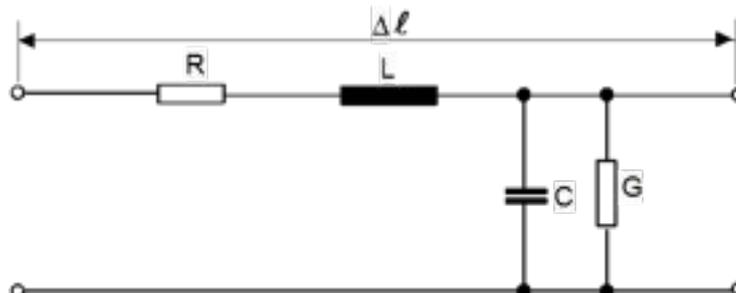
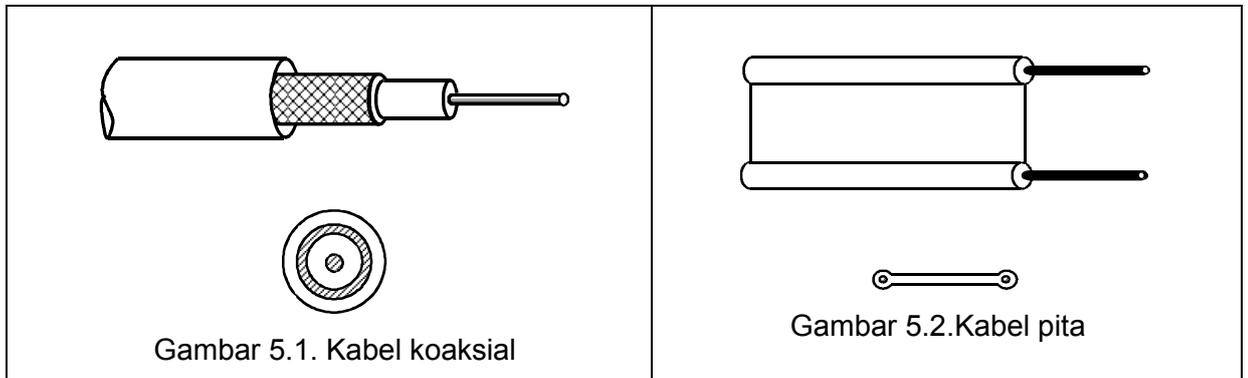
b. Uraian Materi

Kabel Antena

Antara antena dan pesawat atau pemancar diperlukan kabel yang khusus. Dalam kabel tersebut energi yang dipindahkan memiliki frekuensi tinggi. Akibatnya dalam kabel antena terbangkitkan adanya induktansi dan kapasitansi. Induktansi dan kapasitansi kabel akan sangat mempengaruhi pemindahan energy dan kecepatan rambat akan terbatas. Untuk mengatasi hal itu diperlukan kabel untuk frekuensi tinggi.

Kunstruksi dan sifat

Gambar 5.1. Kabel koaksial

Gambar 5.2.Kabel pita

Gambar 5.3.Ilustrasi Kabel AntenTahanan R adalah tahanan nyata penghantar, induktansi L adalah induktansi kawat dan kapasitansi C adalah kapasitansi yang terbentuk antara kawat dengan kawat (kabel pita) dan kawat dengan pelindungnya (kabel koaksial) dengan dialektrikum dari isolasi kabel.

Tahanan antar kawat membentuk daya hantar G.

Semakin tinggi frekuensi sinyal yang lewat akan semakin TINGGIX_L dan semakin KECIL X_C. Dari rangkaian pengganti dapat dilihat koponen-komponen membentuk suatu PELALU BAWAH.

Dikarenakan tahanan R, tegangan menurun, dan sebagian melewati daya hantar G. kerugian-kerugian ini disebut REDAMAN.Konstanta redaman α dinyatakan dalam dB tiap 100 m.

1 MHz	50 MHz	100 MHz	200 MHz	500 MHz	600 MHz
1,0	7,0	10,0	15,0	25,0	27,5

Redaman kabel dalam dB tiap 100 m pada t = $\pm$ 20^0 C.

Kecepatan rambat

Kecepatan rambat gelombang elektromagnetis V dalam kawat ganda berisolasi lebih KECIL daripada dalam vakum ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$).

$$V = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

V = Kecepatan rambat dalam kawat

c = Kecepatan cahaya

ε_r = Konstanta dielektrikum bahan isolasi

Lebih lanjut panjang gelombang dalam kawat lebih pendek, faktor pemendekan k adalah sebesar

$$k = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad \text{atau} \quad k = \frac{V}{c}$$

Faktor pemendekan k pada kabel koaksial sekitar 0,65 0,82

Tahanan gelombang

Pada sinyal frekuensi tinggi (f> 100 kHz) tahanan kawat R dapat diabaikan dibanding reaktansi induktif $X_L = \omega L$ ($R << \omega L$).

Daya hantar dari kapasitansi antar kawat ($G << \omega C$).

Energi elektromagnetis terdapat antara setengahnya elemen induktif dan kapasitif.

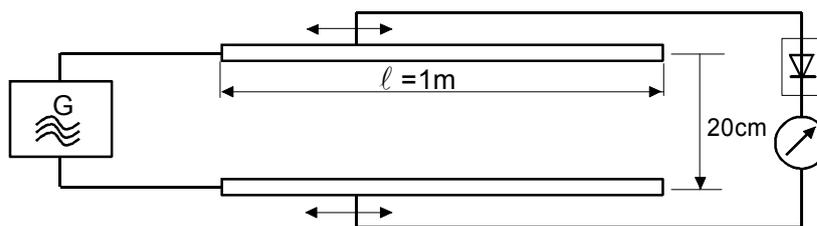
$$\frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

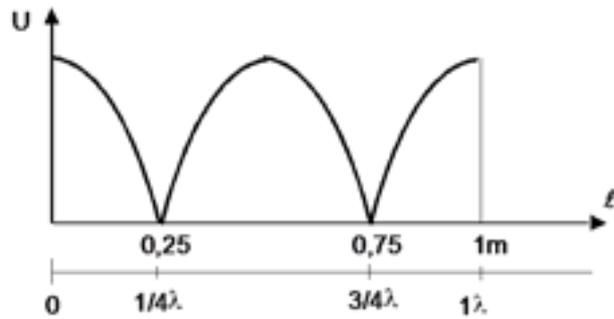
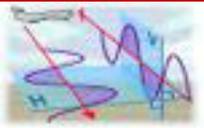
Energi dalam induktansi = energi dalam kapasitansi.

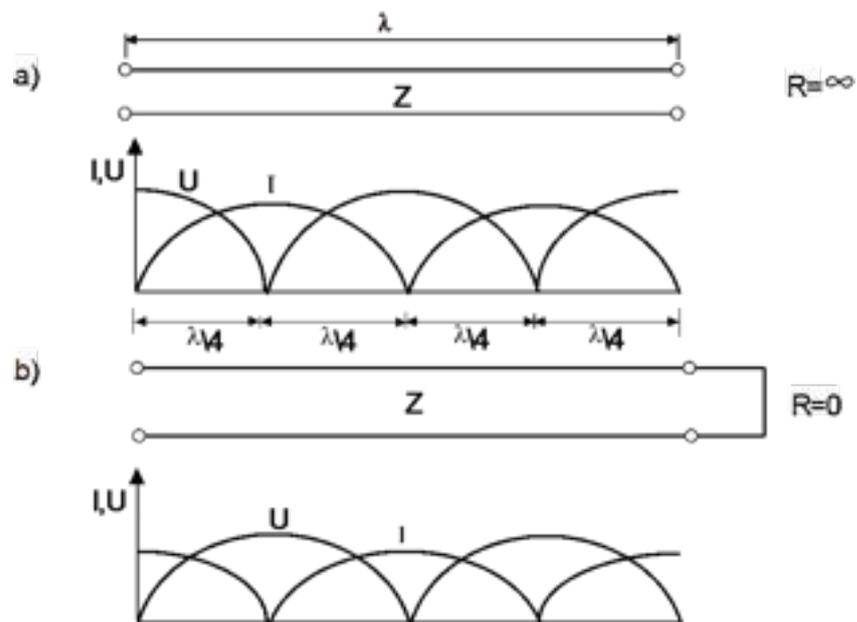
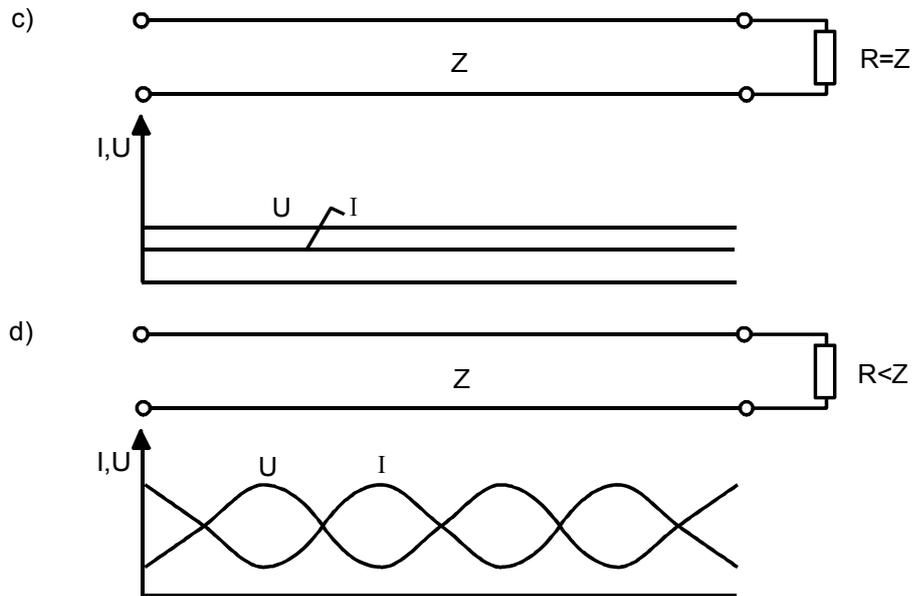
Dari persamaan diatas diperoleh tahanan gelombang

$$Zo = \sqrt{\frac{L}{C}} \qquad \text{(untuk sebuah penghantar)}$$

L dan C adalah induktansi dan kapasitansi tiap satuan panjang tahanan gelombang suatu kabel tergantung pada frekuensi dan berlaku hanya pada frekuensi tinggi, bukan merupakan tahanan nyata maupun tahanan semu.Tahanan ini terbentuk melalui ukuran d dan D serta pemilihan DIELEKTRIKUM.

Gelombang berdiri

Gambar 5.4.Skema Blok SWR

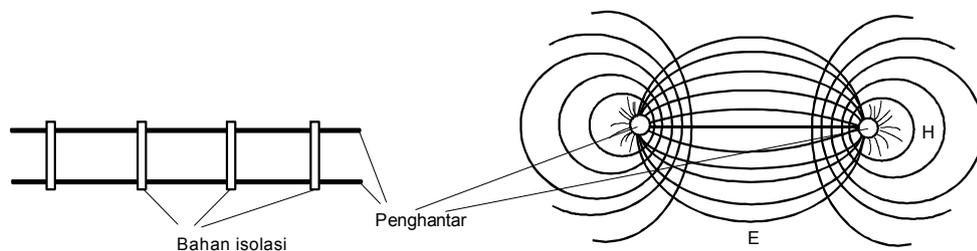
Percobaan diatas untuk melihat terjadinya gelombang berdiri pada suatu penghantar. Generator bergetar pada f = 300 MHz dimana panjang gelombangnya λ = 1m. Diameter penghantar d = 1 mm. Kedua penghantar ujung yang lain tetap terbuka.

Gambar 5.5.Panjang Gelombang

Hasil pengukuran dari percobaan memperlihatkan gelombang berdiri pada suatu penghantar dengan ujung terbuka. Jika terjadi hubung singkat pada jarak 0,25 m atau 0,75 tidak akan merubah pembagian tegangan.

Gambar 5.6.Gelombang pada suatu penghantar

Gambar 5.7.Kondisi gelombang dengan beban diujung penghantar

Gambar diatas memperlihatkan kemungkinan yang terjadi dengan kondisi beban pada ujung penghantar. Jika tahanan beban sama dengan tahanan gelombang penghantar (R = Z) maka pada penghantar tidak terdapat gelombang berdiri.

Ini dikarenakan seluruh energi dipindahkan ke beban (tahanan penutup), amplitudo tegangan dan arus konstan sepanjang penghantar.

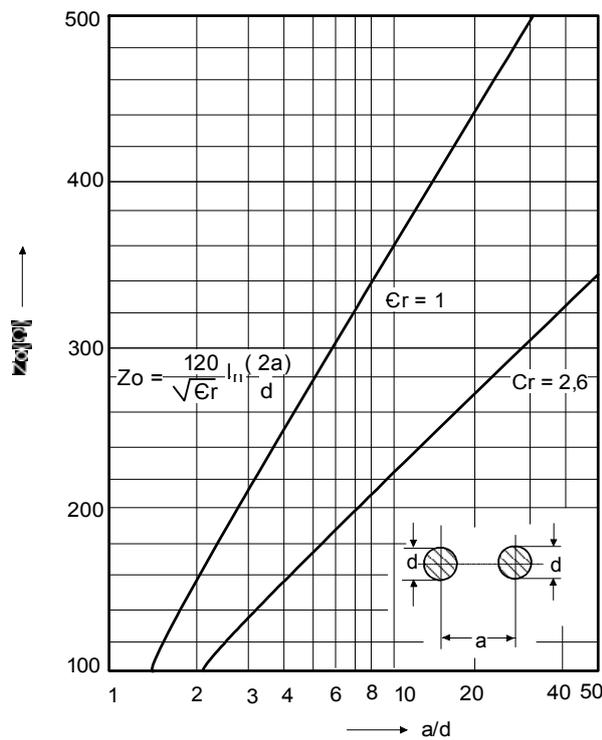
Diluar keadaan diatas ($R \neq Z$; $R = \sim$; $R = 0$) terdapat gelombang berdiri pada penghantar dengan jarak maksimal amplitudo dengan maksimal amplitudo yang lain = $\lambda/2$ dan maksimal = $\lambda/4$.

Kabel simetris

Gambar 5.8.Gambaran gelombang di kabel simetris

Satu kabel /penghantar simetris dengan dua penghantar dengan jarak tertentu (20 cm - 30 cm) yang dijaga oleh bahan isolasi.

Tahanan gelombang jenis ini dipilih sekitar 600 ohm berdasarkan pertimbangan mekanis.

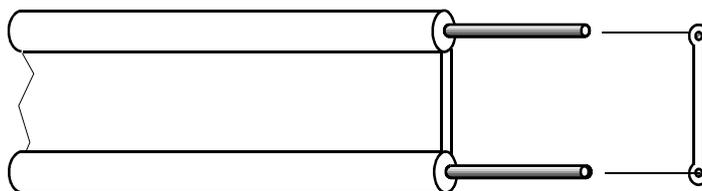
Gambar di bawah memperlihatkan garis medan magnit dan garis medan listriknya . Besar tahanan gelombang dapat dihitung dengan rumus :

$$Zo = \frac{120}{\sqrt{\epsilon r}} \ln \frac{(2a)}{d}$$

d = diameter penghantar dalam m

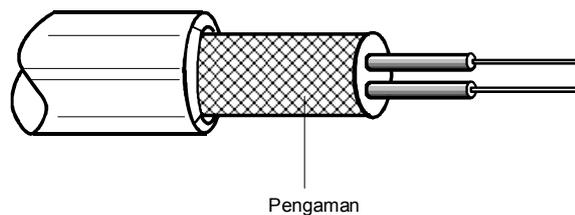
a=jarak antara penghantar dalam m

Tabel .1.

Gambar 5.9. Grafik Impedansi

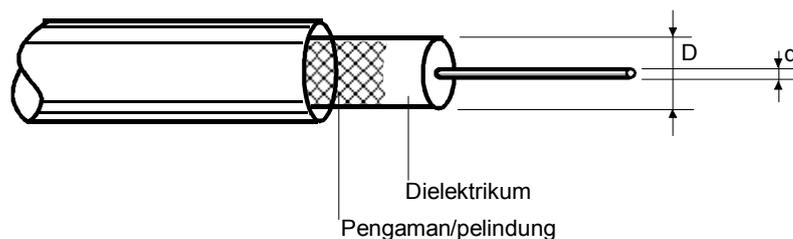
Jenis yang lain yang terkenal dengan kabel pita, banyak dipergunakan pada televisi. Kedua penghantarnya di cor dengan bahan isolasi

Gambar 5.10.Kabel feder

Dibanding jenis yang pertama, redaman pada kabel jenis ini LEBIH BESAR.Penghantar jenis ini mempunyai tahanan gelombang 240 ohm.

Pengaruh cuaca sangat besar, bahan isolasi akan berubah dan menyebakan sifat listriknya berubah pula. Dalam penggunaan yang lama, redaman semakin besar untuk memperbaiki sifat itu dikembangkan kabel simetris dengan pengaman.

Gambar 5.11. Penampang kabel simetris

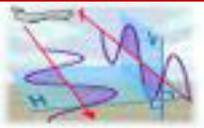
Kabel jenis ini biasanya mempunyai tahanan gelombang 120 ohm dan juga 240 ohm.

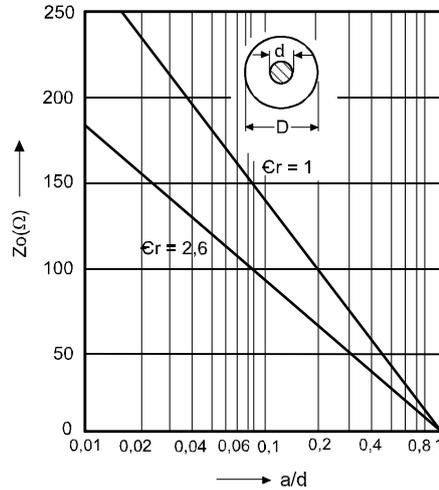
Kabel tidak simetris

Kabel simetris hanya mampu sampai beberapa ratus MHz maka dikembangkan seperti kabel koaksial.Kabel koaksial terdiri dari penghantar dalam dan penghantar luar berbentuk pipa, diantaranya adalah kosong.

Gambar 5.12. Penampang kabel Coaxial

Untuk menjaga jarak antara penghantar dalam dan luar dibagian antar diisi dengan bahan dielektrikum, dan ini merubah sifat listrik kabel.

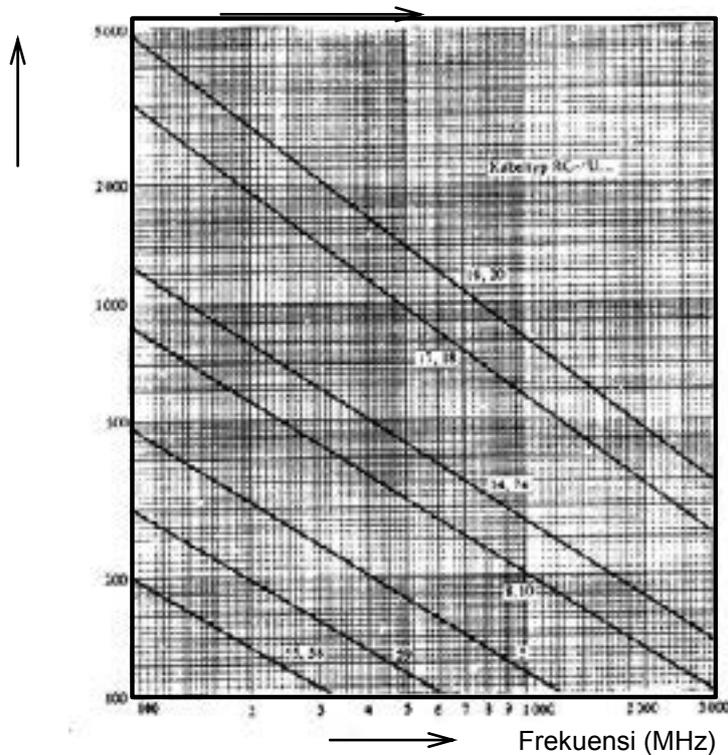
Tahanan gelombang dihitung berdasarkan ukuran diameter d dan D, bahan-bahan dielektrikum εr.

$$Zo = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \frac{D}{d}$$

Besar Zo dalam praktek adalah 50 ohm, 60 dan 75 ohm. Sedang frekuensi maksimum yang dapat dilakukan dapat dihitung dengan :

Tabel .2.

f maks ≈ 0,64

Co = Kecepatan cahaya 3.10^8

Gambar 5.13. Hubungan antara ukuran kabel koaksialdengan tahanan gelombang

Daya (Watts)

Gambar 5.14. Grafik hubungan frekuensi dengan daya

Daya yang diijinkan pada kabel koaksial berlainan tipe dalam keterpengaruhan frekuensi operasi. Pada grafik diatas menunjukkan semakin tinggi frekwensi maka kemampuan akan semakin menurun.

c. Rangkuman

Kerana energi yang dipindahkan pada saluran antena berfrekuensi tinggi, maka induktifitas dan kapasitansi kabel akan sangat mempengaruhi pemindahan energy sehingga kecepatan rambat akan TERBATAS. Untuk mengatasi hal itu diperlukan kabel untuk frekuensi tinggi. L dan C adalah induktansi dan kapasitansi tiap satuan panjang tahanan gelombang suatu kabel tergantung pada frekuensi dan berlaku hanya pada frekuensi tinggi, bukan merupakan tahanan nyata maupun tahanan semu.Tahanan ini terbentuk melalui ukuran d dan D serta pemilihan DIELEKTRIKUM.

Satu kabel /penghantar simetris dengan dua penghantar dengan jarak tertentu (20 cm - 30 cm) yang dijaga oleh bahan isolasi. Kabel simetris hanya mampu sampai beberapa ratus MHz maka dikembangkan seperti kabel koaksial.Kabel koaksial terdiri dari penghantar dalam dan penghantar luar berbentuk pipa, diantaranya adalah kosong

d. Tugas

Buat kelompok diskusi yang terdiri dari 4 sampai dengan 6 orang. Diskusikan dalam kelompok, jenis-jenis kabel yang diperlukan untuk menyalurkan energi dari antena ke pesawat penerima/pemancar berdasarkan sifat frekuensi tinggi. Presentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas.

e. Lembar Kerja

....
....
....
....
....

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

f. Test Formatif

1. Antara antena dan pesawat atau pemancar diperlukan kabel yang khusus. Dalam kabel tersebut energi yang dipindahkan memiliki frekuensi tinggi. Akibatnya dalam kabel antena terbangkitkan adanya...
   a. Resistansi
   b. Induktansi
   c. Kapasitansi
   d. Induktansi dan kapasitansi
2. Untuk mengatasi hal ang terjadi pada soal nomor 1 di atas diperlukan...
   a. Kabel dengan diameter cukup besar
   b. Kabel untuk frekuensi tinggi
   c. Kabel untuk frekuensi rendah
   d. Kabel untuk frekuensi menengah
3. Kabel simetris hanya mampu sampai beberapa ratus MHz maka dikembangkan...

a. Kabel NYA
b. Kabel NYAF
c. Kabel koaksial
d. Kabel pita

4. Gelombang berdiri tidak akan terjadi pada saat...
   a. Tahanan beban lebih kecil dari tahanan gelombang penghantar (R< Z)
   b. . Tahanan beban lebih besar dari tahanan gelombang penghantar (R> Z)
   c. Tahanan beban sama dengan tahanan gelombang penghantar (R= Z)
   d. Tahanan beban sama dengan tahanan gelombang penghantar (R= 0)
5. Daya yang diijinkan pada kabel koaksial berlainan tipe yang dipengaruhi oleh frekuensi operasi. Maka...
   a. semakin rendah frekwensi, kemampuan akan semakin menurun.
   b. semakin tinggi frekwensi, kemampuan akan semakin naik.
   c. semakin rendah frekwensi, kemampuan akan semakin naik.
   d. semakin tinggi frekwensi, kemampuan akan semakin menurun.

g. Lembar Jawaban

Nomor	Pilihlah jawaban yang benar dengan memberi tanda silang			
1	a	b	c	d
2	a	b	c	d
3	a	b	c	d
4	a	b	c	d
5	a	b	c	d

KEGIATAN BELAJAR 6

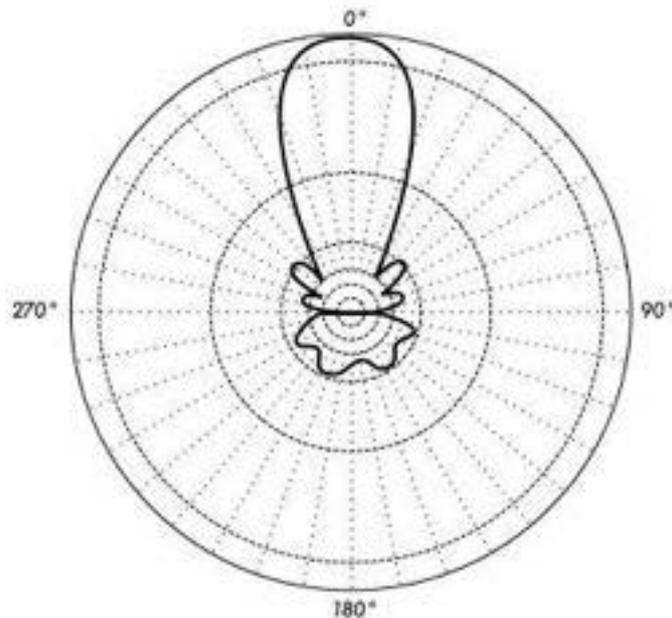
Pola Radiasi Antena

a. Tujuan Pembelajaran

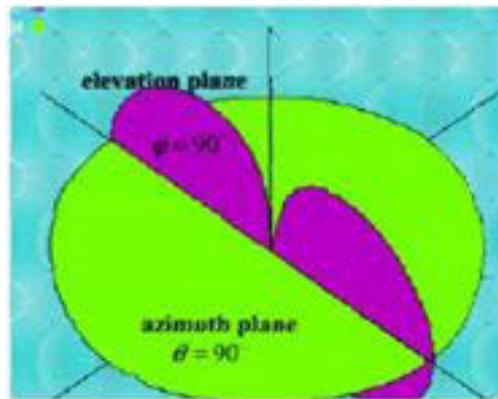
- Siswa dapat menginterpretasikan pola radiasi antena
- Siswa dapat menginterpretasikan sudut elevasi antena

Pola Radiasi Antena

Pola radiasi (radiation pattern) merupakan salah satu parameter penting dari suatu antena. Parameter ini sering dijumpai dalam spesifikasi suatu antena, sehingga pembaca dapat membayangkan bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antena tersebut.

Dalam hal ini, maka pola radiasi disebut juga pernyataan secara grafis yang menggambarkan sifat radiasi dari antena (pada medan jauh) sebagai fungsi dari arah dan penggambarannya dapat dilihat pada diagram pola radiasi yang sudah diplot sesuai dengan hasil pengukuran sinyal radiasi dari suatu antena.

Gambar 6.1. Dimensi pola radiasi

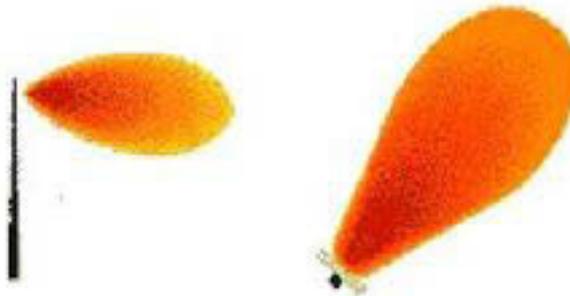
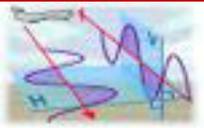
Pola radiasi dapat disebut sebagai pola medan (field pattern) apabila intensitas radiasi yang digambarkan adalah kuat medannya dan disebut pola daya (power pattern) apabila intensitas radiasi yang digambarkan adalah vektor poynting-nya.

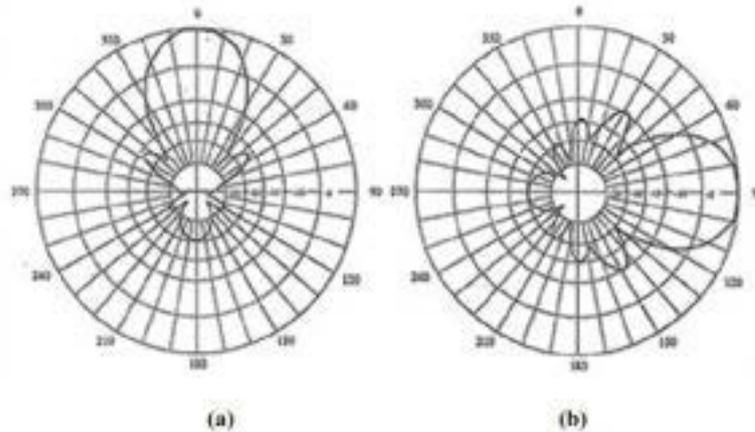
Apabila dilihat dari penamaan bidang pola radiasi ada 4 macam, yaitu: Bidang H ialah bidang magnet dari pola radiasi antena, bidang E ialah medan listrik dari pola radiasi antena, bidang elevasi ialah pola radiasi yang diamati dari sudut elevasi dan bidang azimuth ialah pola radiasi yang diamati dari sudut azimuth. dimana antara bidang H dan bidang E saling tegak lurus dan antara bidang elevasi dan bidang azimuth juga sama saling tegak lurus.

Gambar 6.2. Ilustrasi bidang pola radiasi

Gambar di atas memperlihatkan bentuk koordinat pada bidang pola radiasi, untuk warna hijau adalah bidang azimuth atau bidang H, sedangkan warna ungu menjelaskan bidang elevasi atau bidang E.

1. Pola Radiasi Antena Directional

Antena Directional biasanya digunakan oleh client, dikarenakan antena ini mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang relatif jauh daripada antena lainnya. Ada beberapa macam antena Directional antara lain: Yagi, plat panel, parabola, tin can antenna, parabolic reflektor dan lain-lainnya.

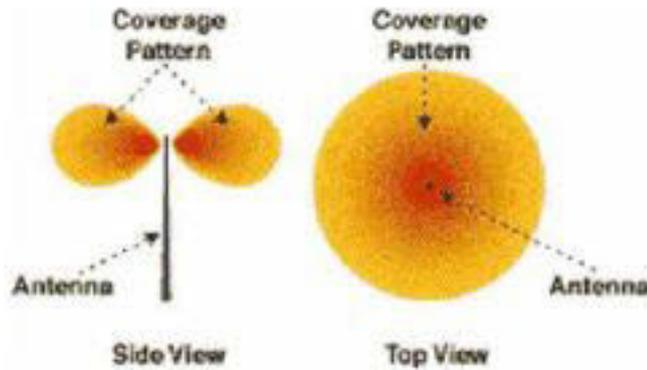
Pola radiasi antena ini digambarkan pada gambar dibawah ini.

Gambar 6.3. Pola Radiasi Antena Directional

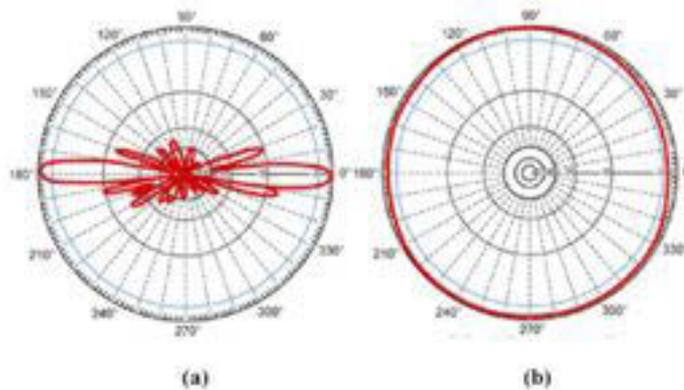
Gambar di atas merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antena Directional, apabila dalam koordinat polar atau grafikpola radiasi seperti gambar dibawah ini.

Gambar6.4. Bentuk pola radiasi gelombang antena Directional :

(a) Pola radiasi bidang medan magnet (H)

(b) Pola radiasi bidang medan listrik (E)

2. Pola Radiasi Antena Omnidirectional

Antena Omnidirectional pada umumnya mempunyai pola radiasi 360 derajat apabila pola radiasinya dilihat pada bidang medan magnet (H). Gain antena Omnidirectional antara 3 dBi sampai 12 dBi. Antena tersebut menggunakan sambungan Point-to-Multi-Point (P2MP).

Gambar 6.5. Pola Radiasi Antena Omnidirectional

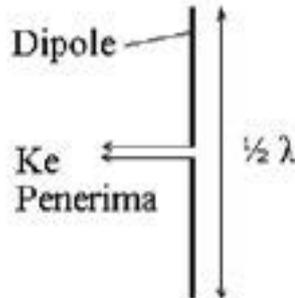
Gambar di atas merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antena omnidirectional, apabila dalam koordinat polar atau grafik pola radiasi seperti gambar dibawah ini.

Gambar 6.6. Bentuk pola radiasi gelombang antena Omnidirectional

(a) Pola radiasi bidang medan listrik(E)

(b) Pola radiasi bidang medan magnet (H)

a. Sudut Elevasi Antena

Pada dasarnya, hanya ada satu alasan untuk memilih antena dengan benar, yaitu supaya sinyal merambat melalui lintasan yang kita harapkan, dan sampai ke penerima dengan mode propagasi terbaik yang mungkin dilakukan. Pemilihan antena bervariasi sesuai kebutuhan. Satu antena mungkin ideal untuk satu kondisi tetapi hampir tidak mungkin digunakan untuk kondisi lainnya. Dalam komunikasi radio HF, jenis antena yang paling umum digunakan adalah antena

dipole setengah panjang gelombang (½ λ). Gambaran sederhana antena dipole ½ λ adalah sebagai berikut :

Gambar 6.7. Antena dipole ½ λ

Panjang gelombang (λ) dapat dihitung dengan rumus :

$\lambda = 300/f$

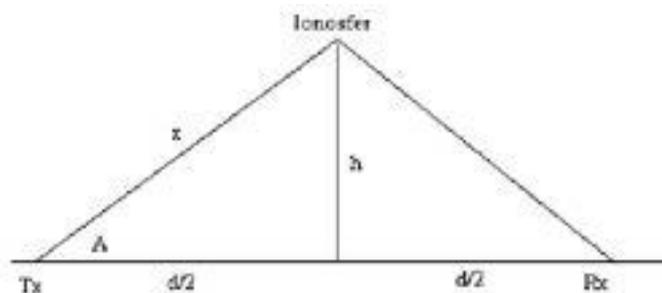
dimana :

f adalah frekuensi gelombang radio dalam satuan MHz, dan

λ dalam meter.

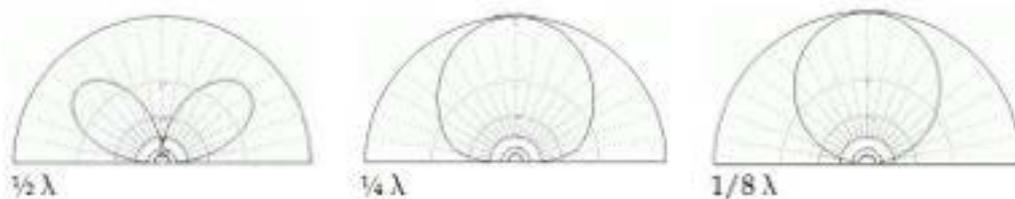
Sebelum memasang antena, pertama-tama harus dipelajari geometri sirkit komuni-kasinya, terutama sudut elevasi, yang biasanya diasumsikan sama pada sisi pemancar maupun penerima. Sudut elevasi dapat dihitung secara sederhana menggunakan rumus segitiga, dengan menganggap permukaan bumi dan . Kalau sudut elevasi adalah A, jarak antara pemancar dan penerima d, dan ketinggian lapisan ionosfer h, maka :

$\text{tg } A = 2h/d$

Untuk pemantulan oleh lapisan E, pada umumnya digunakan h=100 km, dan untuk lapisan F, h = 300 km.

Gambar 6.8. Geometri sederhana perambatan gelombang radio

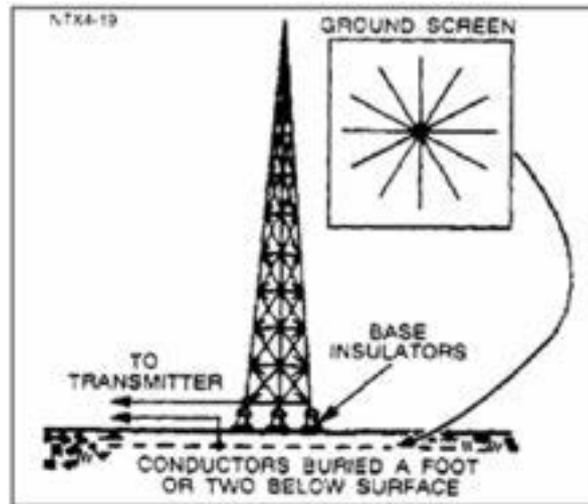
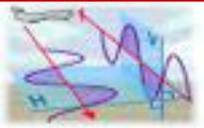
A adalah sudut elevasi gelombang radio

Setelah kita mendapatkan sudut elevasi untuk mode yang kita harapkan, kita dapat memilih antena dengan pola radiasi dimana maksimumnya berada

pada sudut elevasi yang sesuai. Pola radiasi adalah gambaran distribusi energi gelombang radio yang dikeluarkan dari antena. Energi terbesar gelombang radio akan dipancarkan dari arah puncak lengkungan pola. Ketika antena dipole ½ λ dipasang di atas tiang/menara, karena pengaruh permukaan bumi, pola radiasinya berbeda untuk ketinggian yang berbeda. Gambar dibawah memberikan contoh pola radiasi antena dipole ½ λ untuk ketinggian ½ λ ; ¼ λ; dan 1/8 λ.

Gambar 6.9. Pola radiasi antenna dipole ½ λ untuk beberapa ketinggian antena

Sebagai contoh, untuk komunikasi dengan jarak kurang dari 200 km (sudut elevasi 60° – 90°), antena dipole ½ λ sebaiknya dipasang pada ketinggian ¼ λ, sedangkan untuk jarak 500 – 1000 km (sudut elevasi 25° – 50°), ketinggian antena yang baik adalah ½ λ, supaya energi gelombang radio yang sampai pada penerima maksimal (MC Namara, 1991). Antena dipole dengan ketinggian 1/8 λ, akan memancarkan energi terbesarnya tegak lurus ke atas, sehingga tidak akan efektif untuk digunakan dalam komunikasi radio, kecuali untuk jarak yang sangat dekat, yang biasanya masih dapat dijangkau oleh gelombang permukaan (gelombang radio yang merambat di dekat permukaan bumi).

b. Efek Pentanahan Tidak Sempurna

Ground memberikan pengaruh losses untuk beberapa frekuensi. Seperti losses dapat segera direduksi jika antena disambungkan dengan baik dengan ground, yang telah disediakan di alam sekitarnya. Ini merupakan tujuan dari *ground screen* dan *Counterpoise* seperti yang ditunjukan pada gambar dibawah.

Gambar 6.10. Antena Ground Screen

Ground screen seperti sebuah konduktor yang diatur pada bentuk radial dari sebuah konduktor seri. Panjang konduktor masing-masing biasanya ½ dari panjang gelombangnya. Ground screen pada gambar diatas merupakan komposisi dengan konduktor seri yang diatur dalam radial paterndan disembunyikan dalam 1-3 feed di bawah permukaan tanah. Konduktor ini masing-masing memiliki ½ panjang gelombang, dengan menghilangkan ground losess setelah sampai tertinggal tiap-tiap losessnya dalam penyebaran antena.

Tower ataupun antena bagian groundingnya harus betul-betul sempurna tersambung ke tanah, supaya sudut pancaran dan impedansinya sesuai dengan yang seharusnya. Jika tidak, maka akan berpengaruh sekali terhadap sudut pancaran serta sangat riskan terhadap sambaran petir.

c. Rangkuman

Pola radiasi (radiation pattern) merupakan salah satu parameter penting dari suatu antena. Parameter ini sering dijumpai dalam spesifikasi suatu antena, sehingga pembaca dapat membayangkan bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antena tersebut

Antena Directional biasanya digunakan oleh client, dikarenakan antena ini mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang relatif jauh daripada antena lainnya. Ada beberapa macam antena Directional antara lain: Yagi, plat panel, parabola, tin can antenna, parabolic reflektor dan lain-lainnya

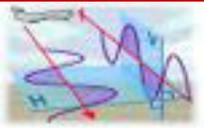
Antena Omnidirectional pada umumnya mempunyai pola radiasi 360 derajat apabila pola radiasinya dilihat pada bidang medan magnet (H). Ground memberikan pengaruh losses untuk beberapa frekuensi. Seperti losses dapat segera direduksi jika antena disambungkan dengan baik dengan ground, yang telah disediakan di alam sekitarnya.

d. Tugas

Buatlah kelompok diskusi yang beranggotakan antara 4 sampai dengan 6 orang. Diskusikan dalam kelompok tentang pola radiasi antena. Presentasikan hasil diskusi di depan kelas.

e. Lembar Kerja

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

f. Test Formatif

1. Antena Directional biasanya digunakan oleh client, karena...
   a. mempunyai pola radiasi yang menyebar dan dapat menjangkau jarak yang relatif jauh daripada antena lainnya
   b. mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang relatif jauh daripada antena lainnya
   c. mempunyai pola radiasi yang dua arah dan dapat menjangkau jarak yang relatif jauh daripada antena lainnya
   d. mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang menyebar.
2. Antena Omnidirectional pada umumnya mempunyai...
   a. pola radiasi 360 derajat apabila pola radiasinya dilihat pada bidang medan magnet (H)
   b. pola radiasi 270 derajat apabila pola radiasinya dilihat pada bidang medan magnet (H)

c. pola radiasi 180 derajat apabila pola radiasinya dilihat pada bidang medan magnet (H)
d. pola radiasi 90 derajat apabila pola radiasinya dilihat pada bidang medan magnet (H)

3. Panjang gelombang (λ) dapat dihitung dengan rumus :
   a. λ = 300 GHz/f
   b. λ = 300 MHz/f
   c. λ = 300 kHz/f
   d. λ = 300 Hz/f
4. Untuk komunikasi dengan jarak kurang dari 200 km (sudut elevasi 60° – 90°), antena dipole ½ λ sebaiknya dipasang pada ketinggian...
   a. ½ λ
   b. 1/3 λ
   c. ¼ λ
   d. 1/5 λ
5. Sedangkan untuk jarak 500 – 1000 km (sudut elevasi 25° – 50°), ketinggian antena yang baik adalah...
   a. ½ λ
   b. 1/3 λ
   c. ¼ λ
   d. 1/5 λ

g. Lembar Jawaban

Nomor	Pilihlah jawaban yang benar dengan memberi tanda silang			
1	a	b	c	d
2	a	b	c	d
3	a	b	c	d
4	a	b	c	d
5	a	b	c	d

KEGIATAN BELAJAR 7

Antena Dipole Setengah Gelombang

a. Tujuan Pembelajaran :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

- Merencanakan tipe antena dipole setengah gelombang
- Merencanakan antena tipe vertikal

b. Uraian Materi

1. Merencanakan Tipe Antena Dipole Setengah Gelombang

Salah satu bagian penting dari suatu pemancar radio adalah antena, ia adalah sebatang logam yang berfungsi menerima getaran listrik dari transmitter dan memancarkannya sebagai gelombang radio. Antena tersebut berfungsi pula sebaliknya ialah menampung gelombang radio dan meneruskan gelombang listrik ke penerima. Kuat tidaknya pancaran yang sampai di pesawat lawan bicara atau sebaliknya, baik buruknya penerimaan tergantung dari beberapa faktor. Faktor pertama adalah kondisi propagasi, faktor kedua adalah posisi stasiun (posisi antena) beserta ling-kungannya, faktor ketiga adalah kesempurnaan antena. Untuk pancaran ada faktor keempat yaitu kelebaran band-width pancaran kita dan faktor kelima adalah masalah power.

Seringkali agar pancaran kita cukup besar diterima stasiun lawan bicara, kita berusaha menaikkan power dengan tanpa memperhatikan faktor-faktor lain tersebut di atas. Memang usaha meperbesar power secara teknis merupakan usaha yang paling mudah, akan tetapi hal ini adalah usaha yang kurang efektif dan cenderung merupakan suatu pemborosan.Mengenai propagasi dan posisi pemancar ada faktor bandwidth pancaran dapat dikatakan bahwa makin sempit bandwidth makin kuatlah pancaran kita, ini ada batasnya mengingat faktor readibility.

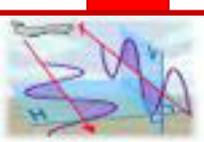
Sebatang logam yang panjangnya ¼ Lambda (λ) akan beresonansi dengan baik bila ada gelombang radio yang menyentuh permukaannya. Jadi bila pada ujung coax bagian inner disambung dengan logam sepanjang ¼ λ dan

outer-nya di ground, ia akan menjadi antena. Antena semacam ini hanya mempunyai satu pole dan disebut monopole (mono artinya satu). Apabila outer dari coax tidak di-ground dan disambung dengan seutas logam sepanjang ¼ λ lagi, menjadi antena dengan dua pole dan disebut dipole ½ λ (di artinya dua). Antena dipole bisa terdiri hanya satu kawat saja disebut single wire dipole, bisa juga dengan dua kawat yang ujung-ujungnya dihubungkan dinamakan two wire folded dipole, bisa juga terdiri atas 3 kawat yang ujung-ujungnya disambung dinamakan three wire folded dipole. Berbagai macam cara untuk memasang antena tergantung dari tersedianya space yang dapat diguakan untuk memasangnya. Antena single wire dipole dapat dipasang horizontal (sayap kiri dan kanan sejajar dengan tanah), dapat pula dipasang dengan konfigurasi inverted V (seperti huruf V terbalik), dengan konfigurasi V (seperti huruf V), konfigurasi lazy V (ialah berentuk huruf V yang tidur) atau dapat juga konfigurasi sloper (miring).

Gambar 7.1. antena Monopole dan Dipole

Antena dipole dapat dipasang tanpa menggunakan balun akan tetapi bila feeder line menggunakan kabel coaxial sebaiknya dipasang balun 1:1, karena kabel coaxial itu un-balance, sedangkan antenanya balance, agar diperoleh pola radiasi yang baik. Kadang antena belum tentu sesuai impendansinya. Oleh karenanya harus disesuaikan impendasinya.

Cara mematching-kan antena yang baik ialah dengan menggunakan alat khusus yaitu Dip Meter dan impendance meter atau dapat juga menggunakan SWR analyser. Apabila alat tersebut tidak tersedia, matching dilakukan dengan menggunakan transceiver dan SWR meter.

Pertama-tama pasanglah antena dengan konfigurasi yang dikehendaki. Pasanglah SWR meter diantara transceiver dengan transmission line (coaxial

cable). Selanjutnya atur transceiver pada power yang paling rendah, sekitar 5-10 Watt dengan mode AM atauCW. Tentukan frekeuensi kerja yang dikehendaki, misalnya 3.850 MHz. Coba transmit sambil mengamati SWR meter, putarlah tombol pengatur frekuensi sedemikian sehingga didapatkan Standing Wave Ratio (SWR) yang paling rendah.

Bila frekuensi tersebut lebih rendah dari 3.850 MHz berarti sayap-sayap dipole terlalu panjang, jadi harus diperpendek. Bila frekuensi terlalu tinggi berarti sayap-sayap dipolenya terlalu pendek. Untuk memperpanjang haruslah disambung, ini kurang baik. Jadi pemotongan awal antena harus dilebihi dari panjang theoritis, dan pada waktu dipasang dilipat balik sehingga panjangnya sama dengan panjang theoritis. Bila frekuensi match terlalu rendah, perpendek antena 5 Cm setiap sayapnya. Bila masih terlalu rendah maka diperpendek lagi. Begitu seterusnya sehingga diperoleh SWR yang rendah yaitu kurang dari 1:1,5.

Cara memendekkan.tidak dengan dipotong tetapi dilipat balik dan menumpuk rapat, lipatan yang mencuat akan membentuk capasitance head dan mempengaruhi SWR. Antena dipole dapat dioperasikan secara harmonic, ialah dipekerjakan pada frekuensi kelipatan ganjil dari frekuensi kerja aslinya. Misalnya antena untuk 7 MHz dapat pula digunakan untuk bekerja pada 21 MHz (kelipatan 3). Tentu saja SWR-nya akan lebih tinggi daripada bila digunakan pada frekuensi aslinya.

Penempatan antena disarankan agak jauh dari kawat telepon dan kawat listrik untuk menghindari timbulnya telephone interference dan televisi interference. Bentangan antena yang sejajar dengan kawat telepon atau kawat listrik dengan jarak kurang dari lima meter akan dapat menimbulkan gangguanpada pesawat telepon, televisi dan perangkat audio lainnya. Makin rendah letak antena, sayap-sayapnya cenderung makin pendek.

Untuk itu dalam pekerjaan matching, antena diletakkan pada ketinggian yang sebenarnya. Begitu pula diameter kawat akan berpengaruh terhadap panjangnya, makin besar diameter makin pendek antena-nya, hal ini disebabkan karena kapasitansi antena terhadap bumi. Matching antena pada saat tanah basah, misalnya sehabis turun hujan, sayap dipole menjadi lebih pendek. Selain itu dalam pemasang-an antena juga perlu memperhati-kan lingkungan yang mungkin mengganggu antena itu sendiri. Misalnya adanya atap dari bahan seng

atau atap rumah yang dilapisi dengan aluminium foil cenderung akan menyulitkan matching antena.

Gambar 7.2. Melipat ujung antena

Rumus panjang gelombang seperti berikut :

$$\lambda = \frac{300.000.000 \text{ m/detik}}{\text{f cycle/detik}}$$

Rumus panjang gelombang daam meter adalah :

$$\lambda = \frac{300}{f}$$

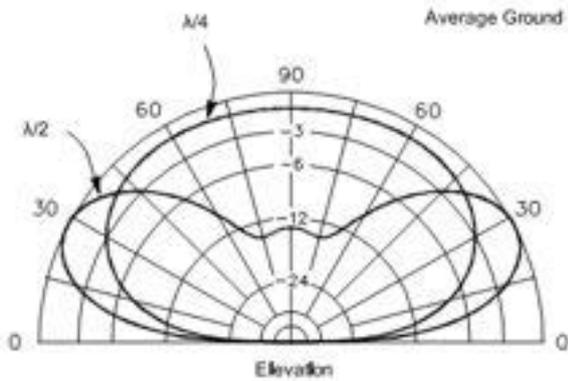
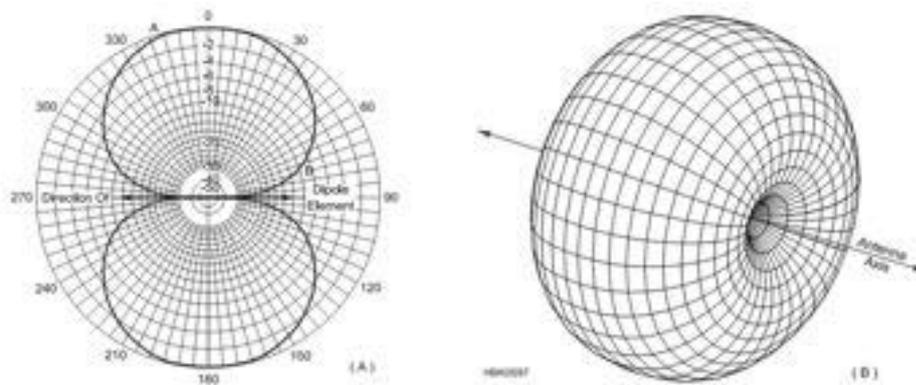
λ = dalam meter

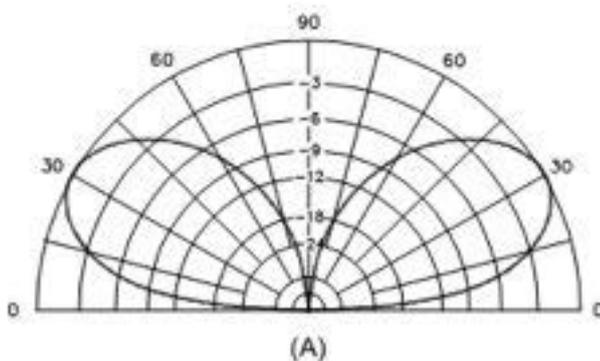
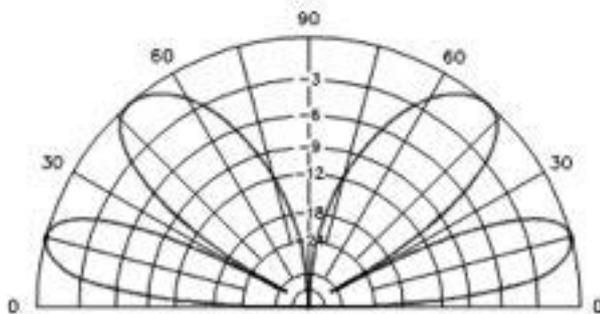
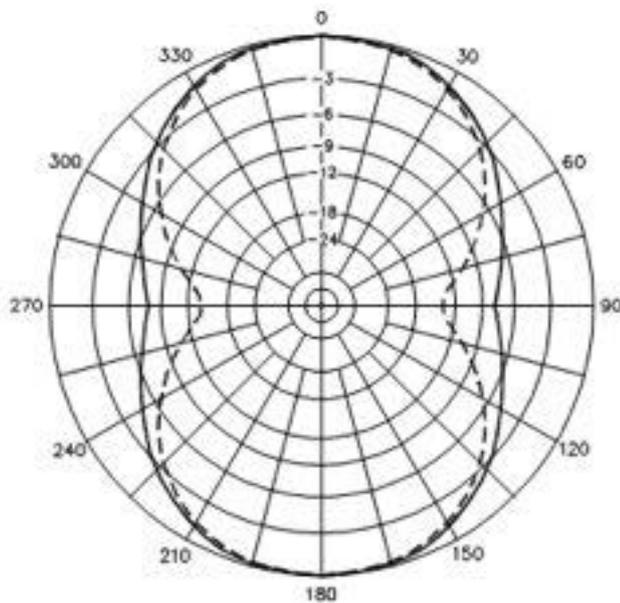
f = Mhz

Rumus-rumus di atas adalah panjang gelombang di udara.Cepat rambat gelombang listrik pada logam itu lebih kecil, ialah 0.95 kali gelombang radio di udara. Jadi untuk menghitung Lambda 72ntenna, rumus tersebut menjadi :

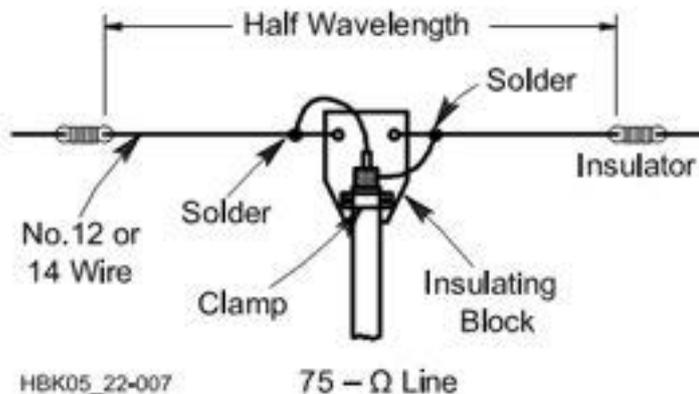
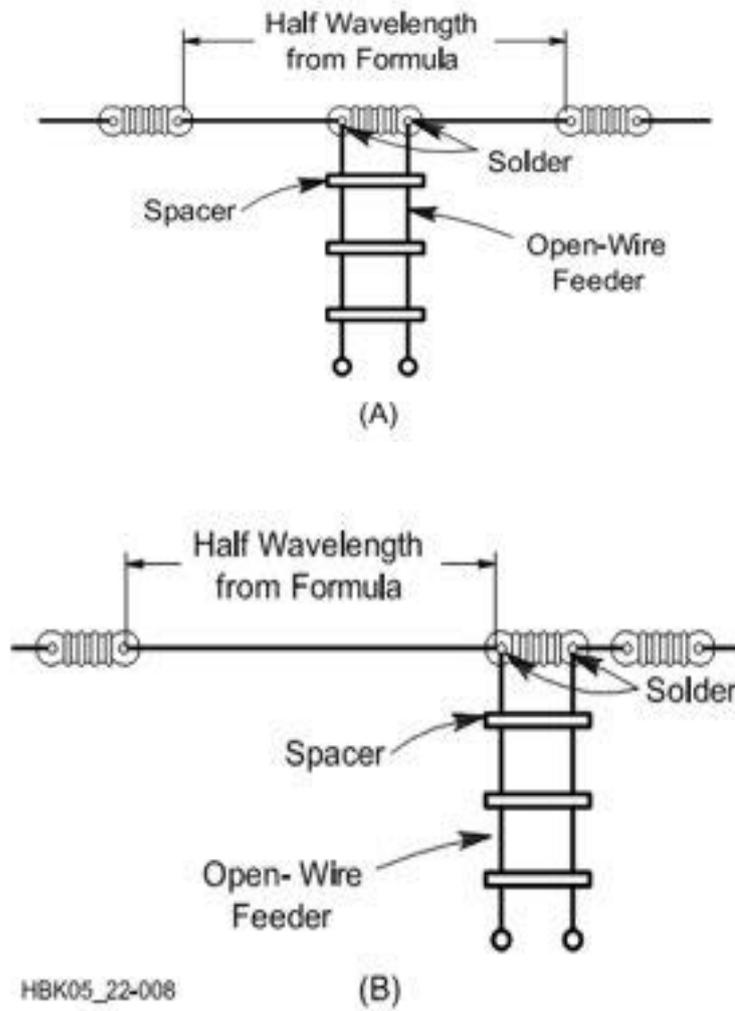
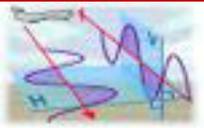
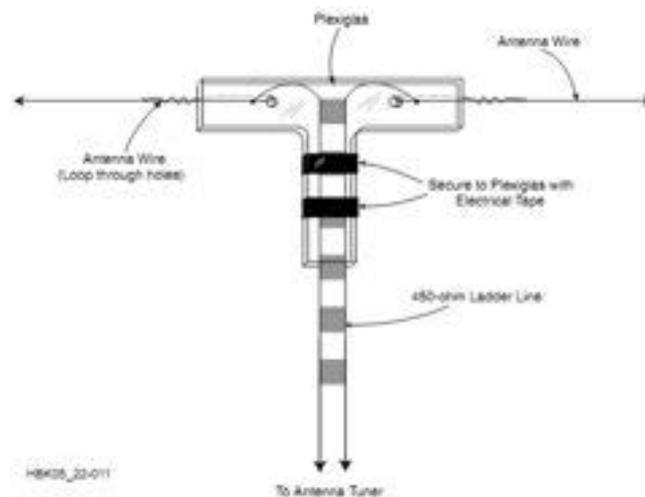
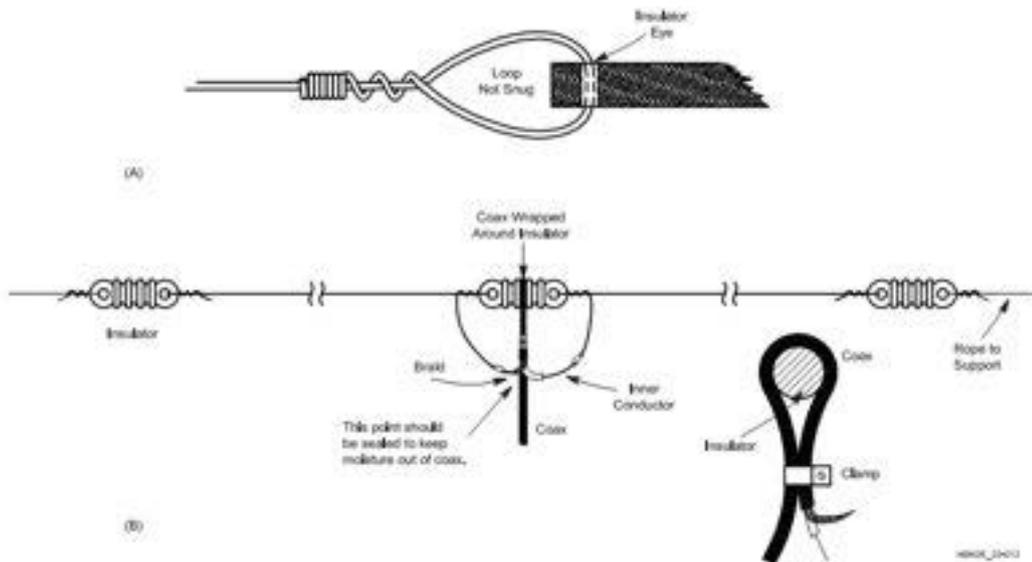
$$\lambda = \frac{300}{f} \times 0.95$$

$$\frac{1}{4} \lambda = \frac{75}{f} \times 0.95 .$$

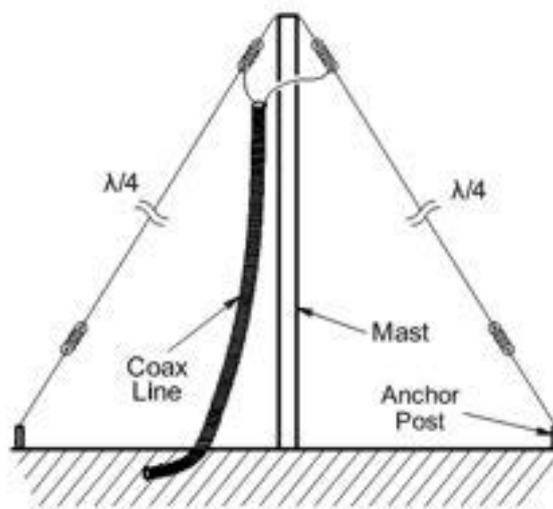
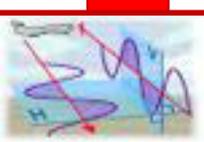
Pola radiasi dari antena dipole di ruang bebas terlihat seperti angka 8, hal ini dikarenakan ada pengaruh dari grounding tanah. Pemasangan antena Dipole dengan ketinggian 1 λ (1 panjang gelobang) atau lebih dari permukaan tanah dan kemiringan pemasangan dari garis horizontal akan mengubah pola radiasi antena Dipole tersebut, seperti terlihat pada gambar dibawah.

Gambar 7.3. Sudut elevasi pancaran antena Dipole

Gmbar 7.4. Respon antena Dipole di ketinggian

Berikut gambaran pola radiasi antena Dipole jika dipasang di suatu ketinggian dari atas tanah.

Pola respone sudut elevasi antena Dipole jika ditempatkan diketinggian½ panjang gelombang dari atas tanah.

Pola respone sudut elevasi antena Dipole jika ditempatkan diketinggian 1 panjang gelombang dari atas tanah.

Gambar disamping menunjukkanpolaazimuthdari antena Dipoleuntukdua ketinggiandisudut elevasiuntuk tinggi ½λdi atas tanah pada sudutelevasi30°

Gambar 7.5. Pola sudut elevasi di ketinggian antena tertentu

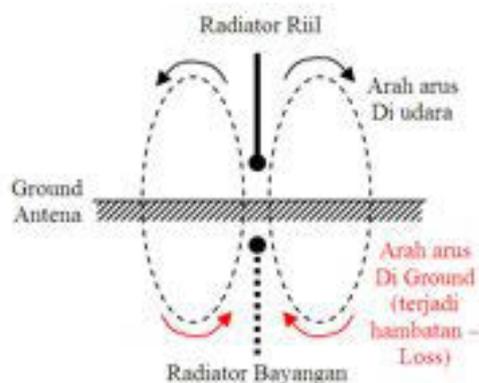
Cara mengumpan daya ke antena Dipole seperti terlihat pada gambar dibawah.

Gambar 7.6. Mengumpan daya pada antena Dipole

Gambar 7.7. Pengumpan pada Antena Dipole multiband

Gambar 7.8. Pengumpan antena Dipole dengan menggunakan kabel feeder

Gambar 7.9. Konstruksi lengkap model antena Dipole

Antena Dipole tidak harus dipasang horizontal dan lurus. Jika lahan tidak memenuhi syarat untuk memasang antena Dipole secara horizontal, maka dapat dipasang sesuai dengan lahan atau tempat yang tersedia. Salah satunya dipasang menyerupai huruf V terbalik (Inverted V Dipole).

Inverted V Dipole cukup memerlukan 1 tiang penyangga yang diletakkan di tengah. Sementara kedua sayap bentangan antenanya ditarik ke bawah arah kanan kiri dari tiang, kemudian dikaitkan dengan sesuatu, yang mempunya ketinggian tertentu dari atas tanah.

Gambar 7.10. Inverted V Dipole

2. Merencanakan Antena Tipe Vertikal

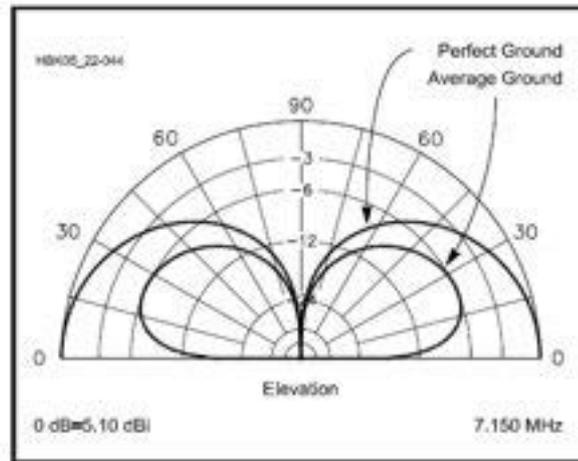
Salah satu antena paling terkenal adalah vertikal, yaitu terdiri dari sebuah radiator vertikal dengan ditambahkan radial ground dibawahnya, terbuat dari kawat konduktor maupun tubing aluminium.

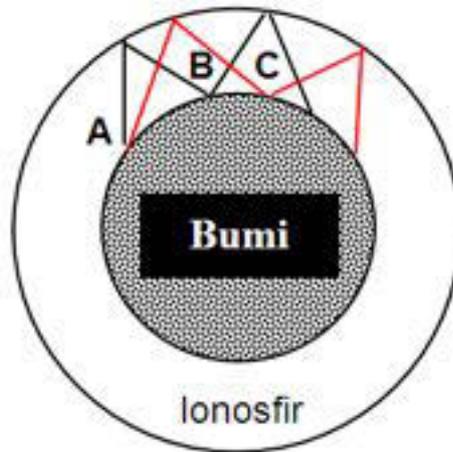
Sebuah antena dengan radiator vertikal single memiliki pola radiasi sama dan tidak ada yang null kesegala arah (omnidirectional), berbeda dengan kebanyakan antena horisontal, sehingga secara natural antena ini akan lebih noisy (mengintriduce QRM lebih tinggi) relatif dibandingkan dengan antena horisontal, kecuali beberapa radiator vertikal digunakan sehingga pola radiasinya tidak lagi dari berbagai arah, maka QRM akan dapat ditekan lebih rendah.

Selain hal tersebut diatas, dibandingkan dengan antena horisontal, antena vertikal memiliki masalah berupa ground return loss, ada 2 (dua) macam, yaitu: near field dan far-field ground lossess. Secara sederhana ground return loss bisa dijelaskan sebagai berikut, yaitu arus yang hilang pada ground sistem antena vertikal, arus dari radiator memiliki lintasan berputar, sebagian putaran terjadi pada udara, dan sisanya menembus ground sistem dari antena tersebut, saat melintasi udara tidak banyak arus yang hilang, sementara saat melintasi groung terdapat banyak hambatan sehingga arusnya akan berkurang banyak, lebih jelasnya lihat gambar dibawah.

Gambar 7.11. Ground Loss

Loss pada near field ground lossess dapat dikurangi dengan menambahkan jumlah ground radial pada antena, namun far-field ground lossess merupakan gejala alamiah yang tidak dapat dikurangi oleh manusia, kecuali kita berpindah rumah atau lokasi di sebuah pulau kecil dengan dikelilingi air laut.

Efek dari ground losses ini adalah berubahnya pola radiasi terutama pada sudut kecil (*low elevation angle* – biasanya untuk keperluan DX / komunikasi

jarak jauh) dan yang paling merugikan adalah berkurangnya gain antenna dibandingkan dengan kondisi idealnya. Sebagai gambaran, berdasarkan ilustrasi dibawah, dibandingkan dengan kondisi idealnya, pada sudut elevasi 10 derajat terjadi pengurangan gain sebesar hampir 6dB, sementara pada sudut elevasi 60 derajat pengurangan sekitar 2dB.

Gambar 7.12. Radiation pattern

Setelah melihat kekurangan antena vertikal diatas, rasanya tidak fair jika saya tidak menyampaikan kelebihan dari antena vertikal ini, diantaranya adalah: Low angle radiation atau sudut radiasi/ elevasi yang kecil, yang cocok digunakan untuk komunikasi jarak jauh atau DX. Seperti yang kita ketahui, komunikasi dengan gelombang HF (1.8 – 30 MHz) sangat dipengaruhi oleh lapisan ionosfir diatas bumi yang berfungsi layaknya sebuah cermin, dimana gelombang berjalan akibat pantulan dari sumber pemancar ke lapisan ionosfir dan kembali lagi kebumi, demikian seterusnya, sampai dengan sinyal tersebut lenyap akibat redaman yang dialaminya selama perjalanan bolak-balik bumi ke angkasa. Skip distance satu hop (dari bumi ke ionosfir kembali lagi ke bumi) antena dengan angle radiation besar lebih pendek (jarak A – B) dibandingkan dengan antena dengan angle radiation kecil (jarak A – C).

Gambar 7.13. Skip Distance on HF

Antena vertikal biasanya lebih mudah untuk dibuat dan didirikan dibandingkan dengan antena horisontal, dengan demikian antena vertikal memiliki cost versus performance yang lebih baik dibandingkan dengan antena horisontal.

Bila anda akan membuat antena vertikal dilengkapi dengan ground radial, maka berlaku aturan “ground radial pendek namun berjumlah banyak, adalah lebih baik dibandingkan dengan ground radial panjang namun jumlahnya sedikit”. Seperti yang diketahui, ground radial adalah upaya manusia untuk menduplikat lempengan konduktor yang diletakkan tepat dibawah radiator antena vertikal, dengan demikian makin rapat dan makin luas ground radial dibuat, maka makin mendekati sifatnya dengan lempengan konduktor.

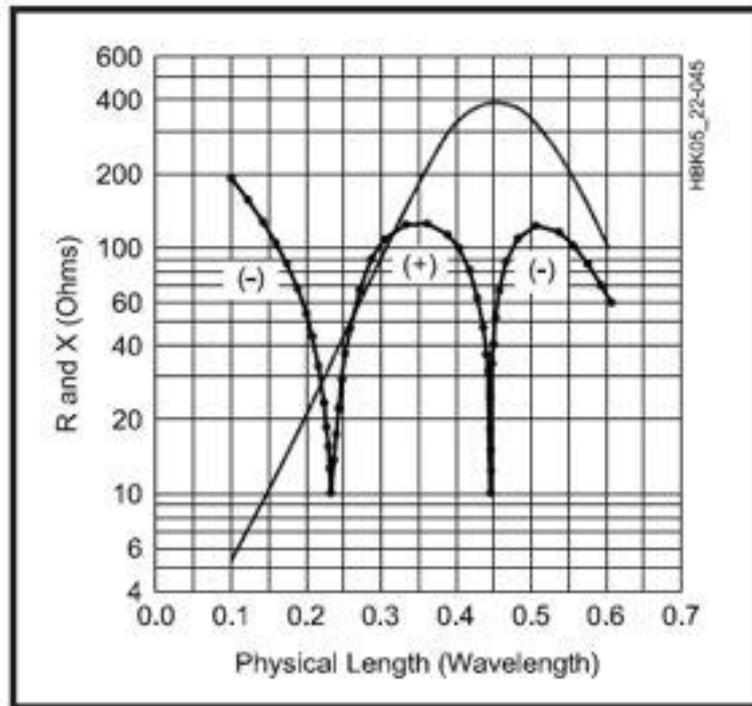
Ground radial bisa dibuat dari berbagai jenis konduktor, mulai dari kawat email sampai dengan tubing aluminium. Bila antena diletakkan tepat diatas permukaan tanah, maka ground radial bisa digelar diatas permukaan tanah, atau dikubur beberapa cm dibawah permukaan tanah. Bila lahan dirumah anda sempit, maka ground radial bisa ditekuk menyesuaikan dengan ukuran lahan.

Tabel 1Number of radial ground

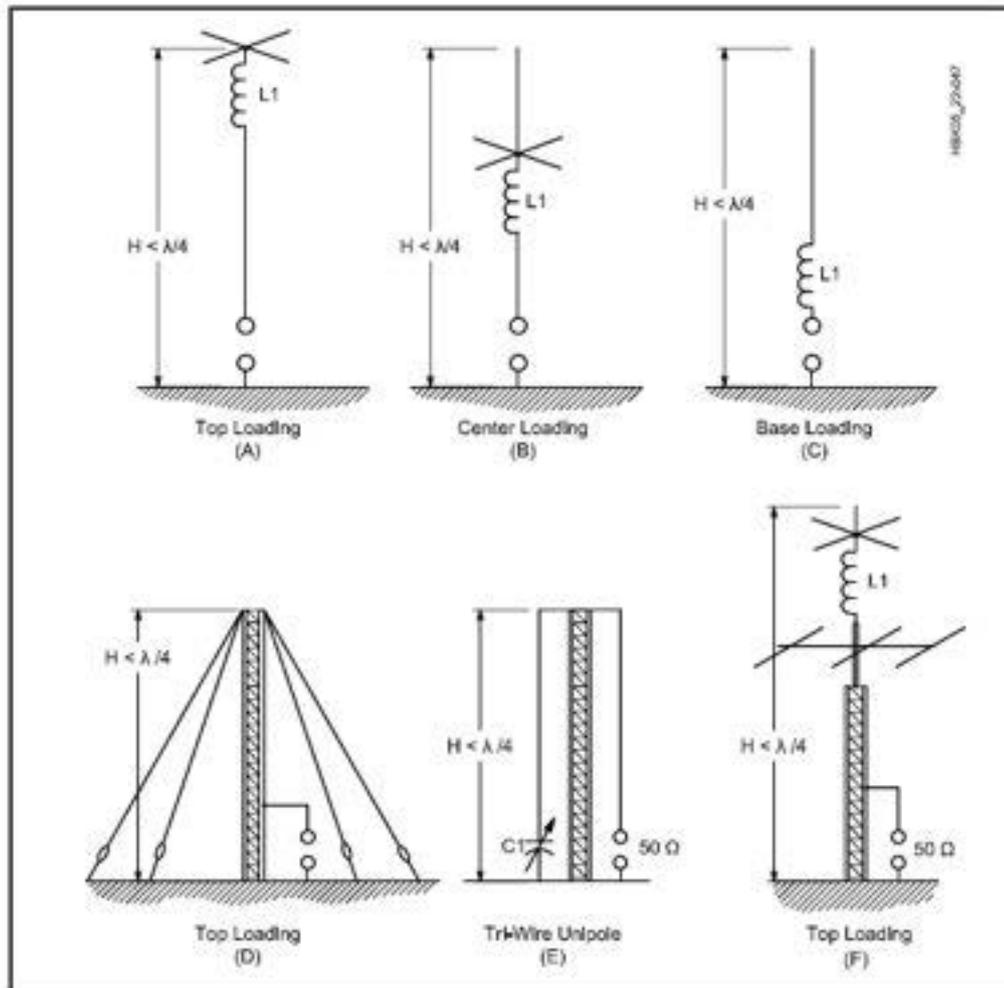
Desain	A	B	C	D	E	F
Jumlah radial	16	24	36	60	90	120
Panjang radial (dlm lambda)	0.1	0.125	0.15	0.2	0.25	0.4
Spasi antar radial (derajat)	22.5	15	10	6	4	3
Loss pada sudut elevasi rendah (dB)	3	2	1.5	1	0.5	0
Impedansi Antenna ¼ lambda (Ohm)	52	46	43	40	37	35

Tabel diatas memperlihatkan hubungan dari panjang dan jumlah radial ground pada sebuah antena vertikal ¼ lambda, relatif terhadap ground radial sempurna (teoritis). Terlihat bahwa makin banyak dan besar ukuran ground radial, maka makin kecil juga loss yang dialaminya pada sudut elevasi kecil.

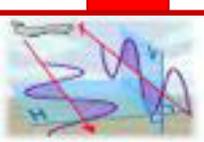
Sekarang mari kita pelajari hubungan panjang radiator antena vertikal dengan karakteristik yang dipengaruhinya. Gambar dibawah memperlihatkan hubungan dari panjang radiator vertikal terhadap impedansi antena riil R maupun imajiner X. Impedansi antena riil atau disebut dengan radiation resistance R ditunjukkan pada garis solid, sementara reaktansi antena X ditunjukkan dengan garis bertitik-titik.

Pada panjang radiator antara 0.1 s/d 0.25 kemudian berulang di 0.45 s/d 0.6 lambda antena bersifat kapasitif, ditunjukkan dengan nilai negatif pada reaktansinya. Sebaliknya pada panjang antara 0.25 s/d 0.45 lambda antena bersifat induktif. Pengetahuan mengenai sifat antena ini sangat diperlukan dalam mendesain trap loading maupun matching impedansi, untuk diarahkan sesuai dengan impedansi saluran coax 50 ohm riil. Bila antena bersifat kapasitif, maka trap loading atau matching impedansi yang cocok harus menggunakan rangkaian induktif, yaitu menggunakan lilitan, sebaliknya bila antena bersifat induktif, maka trap loading atau matching impedansi yang cocok adalah menggunakan kapasitor.

Gambar 7.14. Radiator length

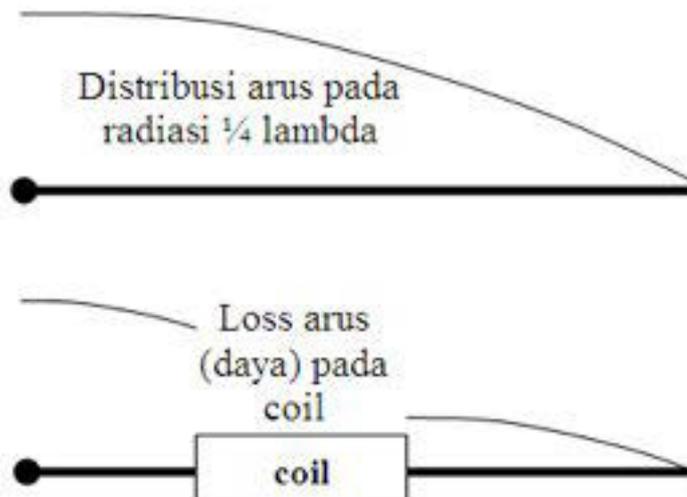
Baiklah, mari kita lihat pada panjang radiator ¼ lambda, ia memiliki radiation resistance sekitar 45 Ohm dan reaktansi sebesar +j45 Ohm, dengan demikian impedansi antenna ini adalag sebesar SQRT(45^2 + 45^2) = 45 Ohm, hampir mendekati dengan impedansi saluran coaxial 50 Ohm, maka kita bisa memprediksi SWR-nya akan mendekati 1 (matched).

Untuk frekuensi rendah (misal 1.8 s/d 3.8 MHz), untuk membuat antena vertikal dengan ukuran mendekati panjang gelombangnya (full size) bisa dikatakan hampir tidak mungkin, sehingga cenderung kita akan membonsai antenna sekecil mungkin yang biasanya panjangnya < 0.25 lambda, akibatnya antenna tersebut akan memiliki radiation resistance kecil dan bersifat kapasitif. Dengan perbedaan nilai resistif dan kapasitif yang sangat besar ini juga akan mempengaruhi efisiensi dari antena, yang juga memperkecil bandwidth dari antena dimaksud.

Gambar 7.15.Short Vert Design

Mari kita ambil contoh, untuk antena vertikal 80M dengan panjang radiator sebesar 0.1 lambda atau sekitar 8 meter, antena ini memiliki radiation resistance hanya sebesar 5 Ohm dan reaktansi sebesar –J200 Ohm, maka hanya memiliki efisiensi sebesar 5/SQRT(5^2 + 200^2) = 2.5%, bandingkan dengan efisiensi antena yang sama dengan panjang radiator ¼ lambda = 70.7%, dengan kata lain antena tersebut sangat tidak efisien. Makin kecil efisiensi sebuah antena, maka makin kecil pula gain (dBi) dan Bandwidthnya yang dimilikinya.

Untuk menaikkan efisiensi dari antenna pendek tersebut biasanya kita berusaha untuk menaikkan nilai resistansi dan menurunkan nilai reaktansi, caranya dengan menambahkan trap loading induktor, namun perlu dicatat, penambahan trap loading induktor berarti juga akan ada power loss pada

induktor tersebut. Kompromi merupakan kata kunci dalam desain antena vertikal pendek. Setelah mengetahui karakteristik dasar dari antena vertikal pendek (< 0.25 lambda), mari kita lihat kemungkinan desain untuk antena ini.

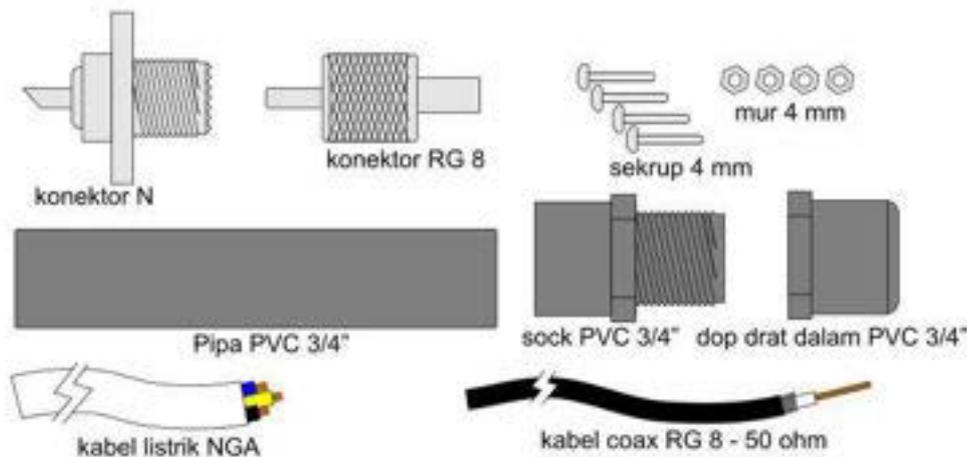
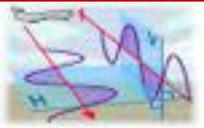
Gambar diatas memperlihatkan beberapa kemungkinan praktikal untuk membangun sebuah antena vertikal pendek, kita akan membahas tipe A, B dan C saja, tipe selebihnya diserahkan kepada anda untuk mengeksplore sendiri.Bila dilihat dari rangking efisiensi, maka antena A paling efisien dan C paling tidak efisien, karena pada desain C maksima arus justru paling banyak diserap oleh trap loading coil. Maksima arus terjadi pada feedpoint dan semakin mengecil sampai ujung radiator. Design A, loss arus pada loading coil paling kecil, karena arus maksima yang berada didekat feedpoint masih dipertahankan. Berikut adalah penjelasan lebih jauh tentang loss daya akibat loading coil.

Antena akan melihat trap loading coil mirip seperti radiator dengan suatu panjang tertentu, dengan demikian secara fisik distribusi arus diujung panas (ujung coil terdekat dengan feedpoint) tiba-tiba akan turun diujung dingin (ujung coil terjauh dengan feedpoint antenna) trap loading coil, dengan kata lain perbedaan arus tersebut diserap oleh coil, sehingga kita kehilangan banyak daya pada coil tersebut. Lebih jelasnya lihat gambar.

Gambar 7.16. Trap coil loss

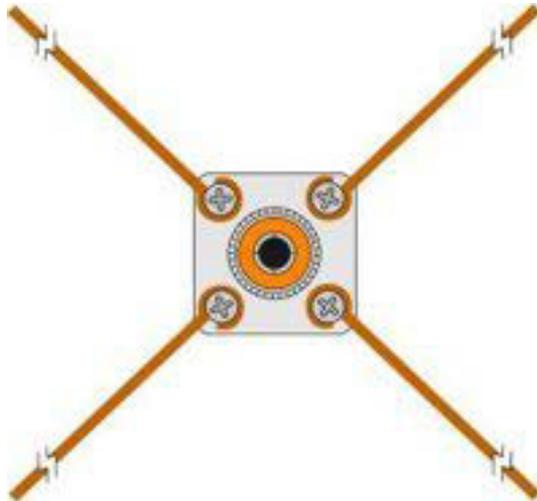
Untuk desain A dan B untuk mengatrol efisiensi antena dilakukan dengan cara mengkombinasikan trap loading coil yang bersifat induktif dengan capacitance hat yang bersifat induktif, perpaduan antara keduanya akan menambahkan nilai resistance kepada antena, sementara itu nilai reaktansi

antena diminimisasi. Seperti diketahui trap loading coil memiliki impedansi RL + jXL, sementara capacitance hat memiliki impedansi Rc – jXc, dengan men-seri-kan kedua loading tersebut diharapkan diperoleh Zloading = (RL+Rc) + j(XL-Xc) = Rloading + jXloading, sehingga bila digabungkan dengan impedansi raditor antena akan diperoleh resultan Zantena = (Rrad+Rloading) + j(Xloading-Xrad) = Rantena + jXantena. Nah tujuan akhirnya adalah jXantena sekecil mungkin, sementara Rantena mendekati 50 Ohm, sehingga diperoleh peningkatan efisiensi dan kondisi matched pada frekuensi tengahnya. Satu lagi dalam rangka menaikkan bandwidth dari sebuah antenna bisa dilakukan dengan memperbesar diameter radiator atau membuatnya berbentuk corong, sisi lancip pada feedpoint.

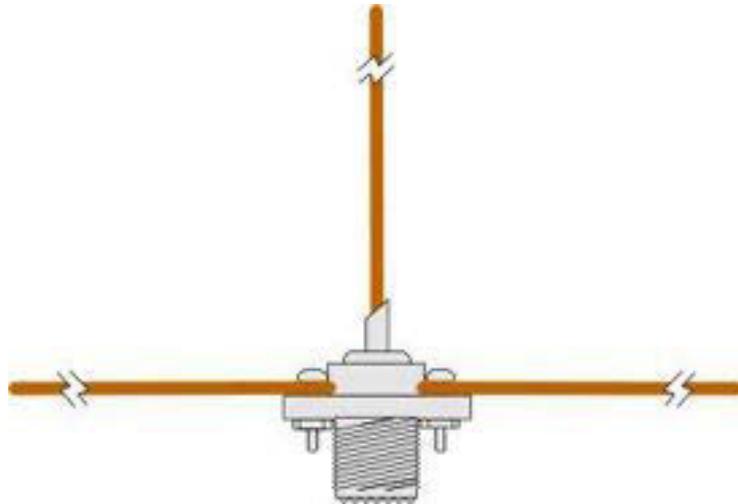
Merancang Antena Vertikal 2 Meter ¼ Lamda

Mari membuat antenavertikal 2 meter 1/4 gelombang untuk frekwensi 144. radio amatir yang cukup mudah.Berikut adalah daftar komponen yang dibutuhkan:
- pipa PVC 3/4 ” – panjang disesuaikan
- sock drat luar PVC 3/4 ” – 1 bh
- Dop drat dalam PVC 3/4 ” – 1 bh
- konektor N – 1 bh
- kabel tembaga listrik NGA – 1,5 meter
- sekrup 4 mm panjang 2,5cm – 4 bh
- Mur 4 mm – 4 bh
- Kabel coax 50 ohm Panjang sesuai kebutuhan

Gambar 7.17. Bahan membuat antena vertikal

Hal pertama yang dilakukan adalah untuk mengupas kawat tembaga keluar dari selubung isolator kabel, maka akan melihat kabel hitam biru dan kuning. kemudian tanggalkan isolasi dari kabel hitam, biru dan kuning juga. Ketika Anda selesai akan memiliki tiga kabel tembaga telanjang 1,5 meter panjangnya. kawat mungkin lebih baik, karena lebih besar dan kaku, tapi saya menggunakan apa yang ada. Potong 5 buah kawat, masing-masing 56 cm panjangnya. Luruskan kawat masing-masing sebaik mungkin.

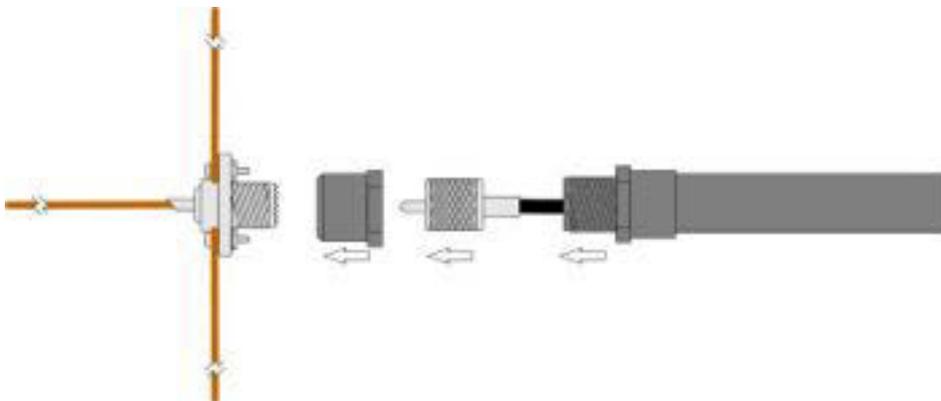
Lubangi 3/4 ” tutup Dop dengan mengebornya. Lalu 4 buah kawat tembaga, yang akan digunakan untuk radial antena, ditekuk salah satu ujungnnya sehingga membentuk lingkaran kecil, lubang lingkaran disesuaikan dengan diameter drat dari sekrup yang ada, kemudian sekrup lingkaran ujung kawat tadi pada lubang di ke empat sudut konektor N.

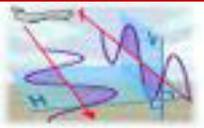
Lakukan ini untuk disetiap salah satu sudut dari konektor N. Setelah selesai, . Pastikan kabel tembaga yang mencuat tegak lurus ke tengah konektor N, seperti terlihat pada gambar.

Gambar 7.18. Ground antena vertikal

Setelah itu kencangkan sekrup ke bawah, ini akan membantu dari terpaan angin yang bisa membuat radial menjadi longgar pada konektor.

Selanjutnya Anda perlu untuk menyolder elemen vertikal dari antena 2 meter. Setelah Anda selesai solder, konektor untuk antena 2 meter Anda akan terlihat seperti ini:

Gambar 7.19. Antena vertikal dari samping

Sekarang Antena 2 meter sudah siap untuk dirakit. Ambil pipa PVC 3/4″ dan sambungkan dengan sock drat luar PVC 3/4″. dapat digunakan lem PVC atau menggunakan lem panas.

Kemudian pasang konektor RG-8 pada kabel coax RG-8, pasangkan Dop PVC 3/4″ pada ujung konektor N, dan hubungkan konektor coax ke antena seperti dalam gambar:

Gambar 7.20. Pemasangan kabel

Setelah antena 2 meter vertikal dipasang, tekuk radial kebawah sebesar 45 derajat. Sekarang waktunya untuk memotong kawat vertikal guna menyesuaikannya ke dalam band 2 meteran radio amatir. Untuk ini minta bantuan rekan kerja memegang antena di tempat. Tune (penyesuaian) frekwensi band 2 meteran, umumnya antena ini cukup untuk menutupi hampir seluruh pita 2 meter.

Untuk menghitung panjang elemen vertikal antena, gunakan rumus berikut:

Panjang (cm) = 7020 / F

Dimana F = 144 mHz.

Jika Anda ingin antena 2meter beresonansi pada frekuensi yang berbeda, gunakan sesuai rumus di atas. Panjang ideal yang diinginkan adalah 48,75 cm, untuk menyempurnakan dalam penyesuaian sebaiknya melakukan dengan bantuan SWR.

Untuk radial, sebaiknya dibuat lebih panjang 5% dari elemen vertikal, Jadi dipotong menjadi 51,2 cm panjang untuk setiap radialnya.Setelah antena 2meteran vertikal disetel, perlu sealer dengan sealer silikon guna menghindari pengaruh terhadap cuaca, jangan ragu untuk memberikan sealer lebih banyak pada bagian bagian penting dalam hal ini lebih banyak lebih baik. Pastikan mencakup elemen vertikal pada bagian yang disolder dan seluruh bagian atas konektor N, serta sekrup yang memegang radial dan juga pastikan bagian bawah konektor N dan pipa PVC yang bertemu untuk disealer juga.

Seperti inilah kira-kira hasil akhir dari rangkaian pekerjaan yang telah dilakukan:

Gambar 7.21. Bentuk akhir antena ground plane vertikal

c. Rangkuman

Sebatang logam yang panjangnya ¼ Lambda (λ) akan beresonansi dengan baik bila ada gelombang radio yang menyentuh permukaannya. Jadi bila pada ujung coax bagian inner disambung dengan logam sepanjang ¼ λ dan outer-nya di ground, ia akan menjadi antena. Antena semacam ini hanya mempunyai satu pole dandisebut monopole (mono artinya satu). Apabila outer dari coax tidak di-ground dan disambung dengan seutas logam sepanjang ¼ λ lagi, menjadi antena dengan dua pole dan disebut dipole ½ λ (di artinya dua).

d. Tugas

Buatlah kelompok diskusi yeng masing-masing beranggotakan 4 sampai dengan 6 orang. Diskusikan dalam kelompok tentang perencanaan antena dipole. Presentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas.

e. Lembar Kerja

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

f. Test Formatif

1. Sebatang logam yang panjangnya ¼ Lambda (λ) akan beresonansi dengan baik bila ada gelombang radio yang menyentuh permukaannya. Jadi bila pada ujung coax bagian inner disambung dengan logam sepanjang ¼ λ dan outer-nya di ground, ia akan menjadi antena. Antena semacam ini disebut...
   a. Monopole
   b. Dipole
   c. single wire dipole
   d. two wire folded dipole
2. Apabila outer dari coax tidak di-ground dan disambung dengan seutas logam sepanjang ¼ λ lagi, menjadi antena yang disebut...
   a. Monopole
   b. Dipole
   c. single wire dipole
   d. two wire folded dipole
3. Untuk frekuensi rendah (misal 1.8 s/d 3.8 MHz), untuk membuat antena vertikal dengan ukuran mendekati panjang gelombangnya (full size) bisa dikatakan hampir tidak mungkin, sehingga cenderung kita

akan membonsai antenna sekecil mungkin yang biasanya panjangnya...

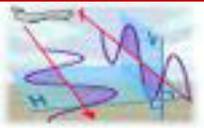
a. < 0.75 lambda

b. < 0.50 lambda

c. < 0.25 lambda

d. < 0.10 lambda

g. Lembar Jawaban

Nomor	Pilihlah jawaban yang benar dengan memberi tanda silang			
1	A	b	c	d
2	A	b	c	d
3	A	b	c	d
4	A	b	c	d
5	A	b	c	d

KEGIATAN BELAJAR 8

Antena tipe T , L terbalik, Sloper dan Dipole

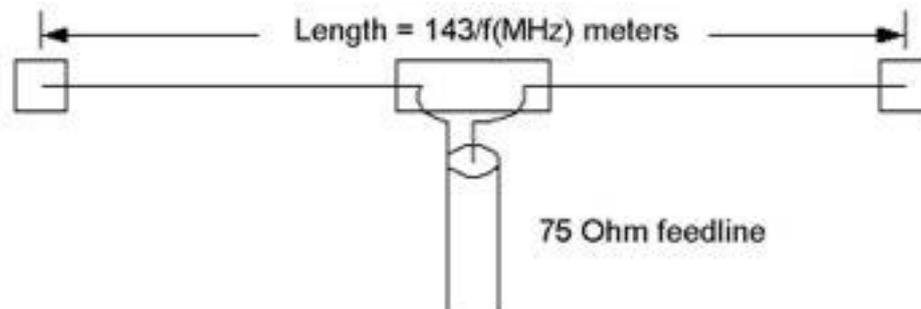
a. Tujuan Pembelajaran :

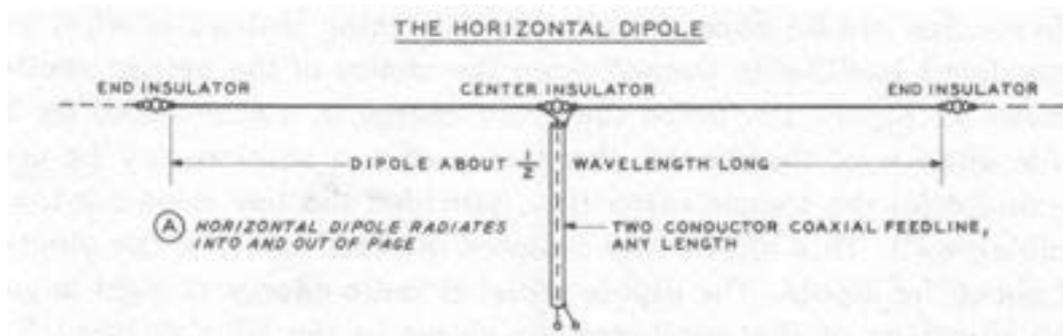
Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat :

- Merencanakan antena tipe T
- Merencanakan antena tipe L terbalik
- Merencanakan antena tipe Sloper
- Merencanakan antena tipe Dipole Vertikal

b. Uraian Materi

1. Antena tipe T

Antena tipe T biasanya di sebut antena dipole horizontal. Ini dikarenakan bentuknya seperti huruf T, seperti terlihat pada gambar dibawah.

Gambar 8.1. Model antena tipe T

Dari begitu banyak jenis pilihan antena, maka antena Dipole adalah yang paling disukai banyak Amatir Radio atau penggila radio karena beberapa kelebihannya, yaitu murah, effisien, mudah dibuat – cukup memakai kawat tembaga atau sejenisnya, broad-band, dan lain sebagainya. Bentuk antena Dipole horizontal terlihat seperti gambar dibawah.

Gambar 8.2. Rancangan antenatipe T

Antena Dipole sebenarnya merupakan sebuah antena yang dibuat dari kawat tembaga dan dipotong sesuai ukuran agar beresonansi pada frekwensi kerja yang diinginkan. Kawat yang dipakai sebaiknya minimal ukuran AWG (American Wire Gauge) # 12 atau diameter 2 mm. Lebih besar akan lebih baik secara mechanical strength.

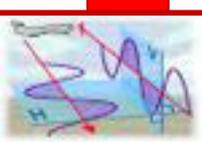
Agar dapat beresonansi, maka panjang total sebuah Dipole (L) adalah 0,5λx K, dimana adalah panjang gelombang diudara dan K adalah velocity factor pada kawat tembaga. Untuk ukuran kawat tembaga yang relative kecil (hanya ber-diameter beberapa mm) jika dibandingkan setengah panjanggelombang, maka nilai K diambil sebesar 0,95 dan cukup memadai sebagai awal start. Sehingga rumus untuk menghitung total panjang sebuah antena Dipole adalah sbb

$$\lambda = \frac{300}{\mathrm{f}}$$

$$L = 0{,}5\,.\,K.\,\lambda$$

Dimana :

f	adalah frekwensi kerja yang diinginkan.
λ	adalah panjang gelombang diudara
L	adalah panjang total antena Dipole
K	adalah velocity factor yang diambil sebesar 0,95.

Walaupun antena Dipole termasuk balance, jika dipasang tanpa BALUN pun, antena Dipole tsb masih bisa bekerja cukup baik.Antena Dipole mempunyai gain 0 dB. Kembali ke rumus diatas, maka panjang antena Dipole untuk bermacam-macam Band Frekwensi adalah sbb :

Panjang Antena Dipole

Band (meter)	Frekwensi (MHz)	Panjang Gelombang diudara (meter)	Total Panjang Dipole (meter)
	f	λ udara = 300 / f	L = 0,95 x 150 / f
160	1.900	157.89	75.00
80	3.800	78.95	37.50
40	7.050	42.55	20.21
20	14.250	21.05	10.00
17	18.150	16.53	7.85
15	21.250	14.12	6.71
10	28.600	10.49	4.98
6	50.250	5.97	2.84

Anda bisa menyesuaikan Panjang Total antena Dipole sesuai dengan frekwensi kerja yang Anda inginkan. Antena Dipole selain akan beresonansi pada fundamental frekwensinya, antena tersebut juga akan beresonansi pada kelipatan ganjil frekwensinya. Artinya, antena Dipole yang dipotong untuk bekerja pada 40 meter Band (7 MHz) juga akan bisa dipakai untuk 15 meter Band karena 21 MHz merupakan kelipatan 3 dari 7 MHz.

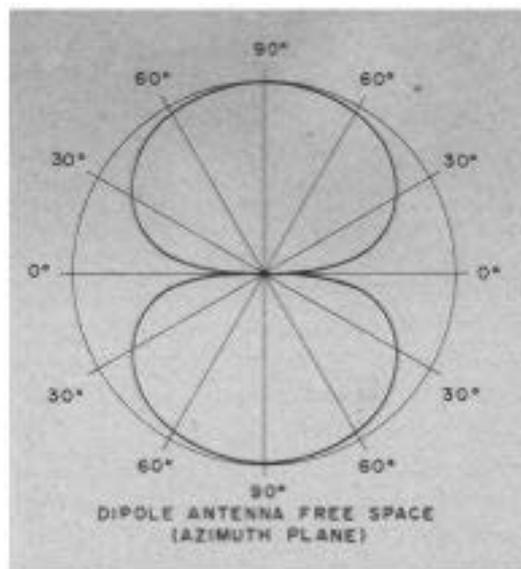
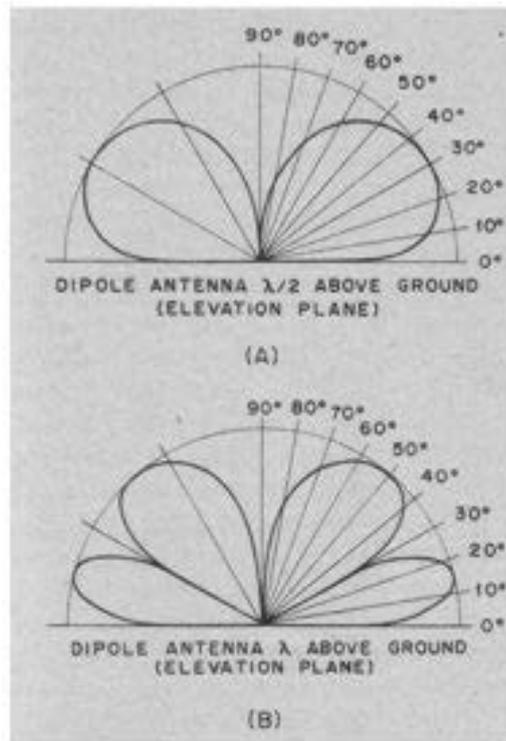
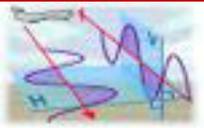
Impedansi dan Feeding line.

Antena Dipole mempunyai impedansi sekitar 50 Ohm – 75 Ohm sehingga bisa di feed langsung dengan Kabel Coax atau melalui BALUN. Pada bandHF,untuk daya pancar sampai dengan 500 Watt, Anda bisa memakai kabel coax type RG-58/U, sedangkan untuk daya pancar lebih besar dari 500 Watt, disarankan memakai coax yang lebih besar yaitu type RG-8/U atau type RG-213 atau type 8214. Selain itu, sebagai bahan pertimbangan, jika jarak antara Transceiver Anda dengan feed point kurang dari 15 meter, Anda isa memakai coax type RG-58/U, tetapi jika jaraknya melebihi 15 meter, sebaiknya Anda memakai coax type RG-8/U atau type RG-213 atau type 8214.

Kabel coax yang panjang akan memberikan loss yang besar sehingga power yang dikeluarkan oleh Transceiver saat mencapai antenna bisa tinggal separuhnya. Pada frekwensi kerja 144 MHz, kabel coax type RG-58/U sepanjang 30 meter bisa membuat power yang dikeluarkan Transceiver Anda tinggal seperempatnya saat mencapai feed point.

Instalasi antena Dipole.

Untuk memperoleh performance yang baik, Antena dipole sebaiknya dipasang FLAT TOP pada ketinggian minimum ¼. Jadi untuk Band 80 meter,antena Dipole sebaiknya dipasang minimum setinggi 20 meter. Arah pancaran antena Dipole adalah tegak lurus pada arah kawat antenna dan sejajar dengan Ground.

Untuk memenuhi hal tersebut tentunya sangat sulit, terutama pada Band160 meter karena ketinggian antena bisa mencapai 40 meter. Usahakan memasang antena Dipole etinggi mungkin karena unjuk kerjanya untuk DX akan jauh lebih baik karena sudut elevasinya lebih kecil.

Gambar 8.3. Arah pancaran antena Dipole

Gambar 8.4. Sudut elevasi

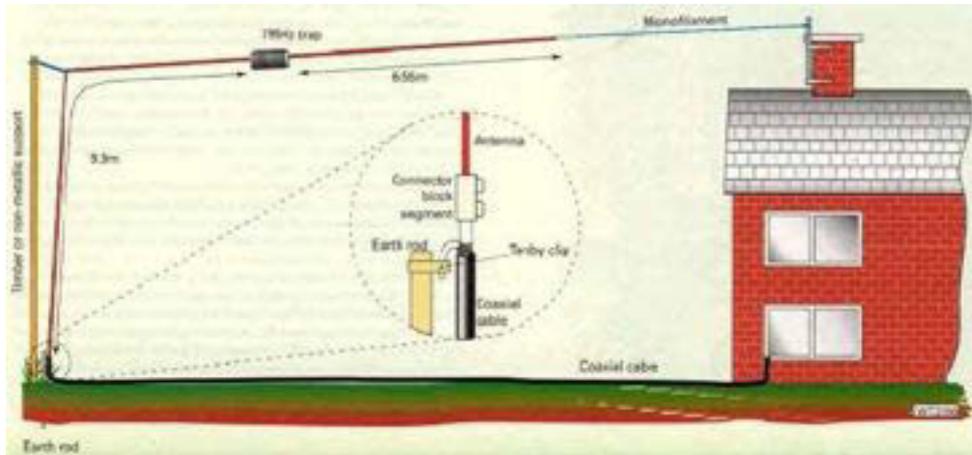
Gambar (A) Sudut levasi sekitar 35^0 jika Dipole dipasang pada ketinggian ½ λ dan (B) sekitar 15^0 jika dipasang pada ketinggian 1 λ diatas ground. Jangan terlampau memikirkan orientasi antena Dipole apakah membentang antara Utara-Selatan atau Timur-Barat. Ingat !, Ketinggian antenna Dipole jauh lebih penting dari orientasinya.

2. Antena Tipe L Terbalik

Model antena lain yang bisa ditemukan dalam pemakaian antena untuk HF (frekuensi tinggi) adalah antena model L terbalik (Inverted L Antenna). Biasanya antena ini terbuat dari kawat tunggal yang sudah diperhitungkan panjangnya sesuai dengan kebutuhan. Untuk rumus panjang antena seperti dijelaskan pada bab sebelumnya.

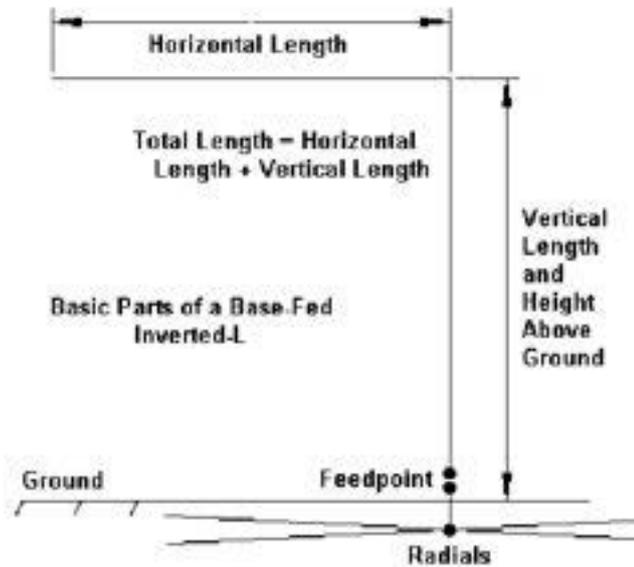
Antena model ini sama dengan model antena vertikal yang di lipat ujungnya sebesar 90^0. Antena model ini memiliki keunggulan tersendiri dalam menaikkan tegangannya yang efektif terutama dalam hal yang bersifat listrik.

Secara umum metode antena model ini dinamakan model *Flat Loap* atau puncak rata. Daya kemampuan sama seperti antena vertikal yaitu pola

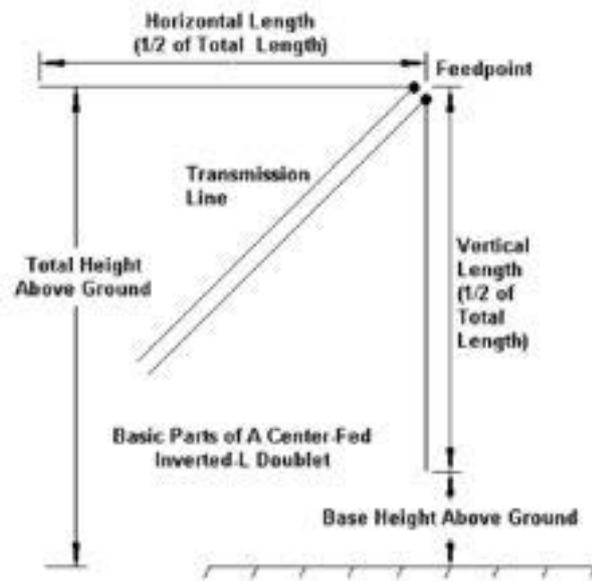
pancarannya ke semua arah atau *omnidirectional*. Ilustrasi antena L terbalik seperti gambar dibawah.

Gambar 8.5. Pemasangan antena L terbalik

Antena ini di feed di bagian pangkal (bawah) kawat dengan menggunakan coax 50 ohm.Di lokasi yang konduktifitas tanahnya cukup baik, seperti bisa dilihat pada Gambar diatas untuk pentanahan/ Grounding cukup dihubungkan ke earthing rod berupa pipa galvanized diameter 0.5” sepanjang 2 meter yang ditancapkan ke dalam tanah. Di daerah- daerah yang ada jaringan air (ledeng) dari PAM/PDAM (Perusahaan Air Minum/ Perusahaan Daerah Air Minum) yang MASIH MENGGUNAKAN PIPA BESI (biasanya sisa-sisa jaringan lama, karena di banyak tempat sudah digunakan atau diganti dengan pipa PVC) akan lebih baik jika koneksi ke Ground bisa disambungkan ke instalasi pipa ledeng PDAM tersebut.

Untuk koneksinya bisa digunakan klem besi (kerok dulu permukaan pipa untuk “melepas” lapisan galvanize-nya, sampai terlihat permukaan besi yang putih mengkilap). Atau lebih baik lagi kalau digunakan self tapping screw (sekrup tanam) untuk menyekrupkan kawat langsung ke pipa; tentunya dengan memperhitungkan ujung sekrup jangan sampai membocorkan pipa.

Dasar antena L terbalik seperti gambar dibawah.

Gambar 8.6. Dasar antena L terbalik

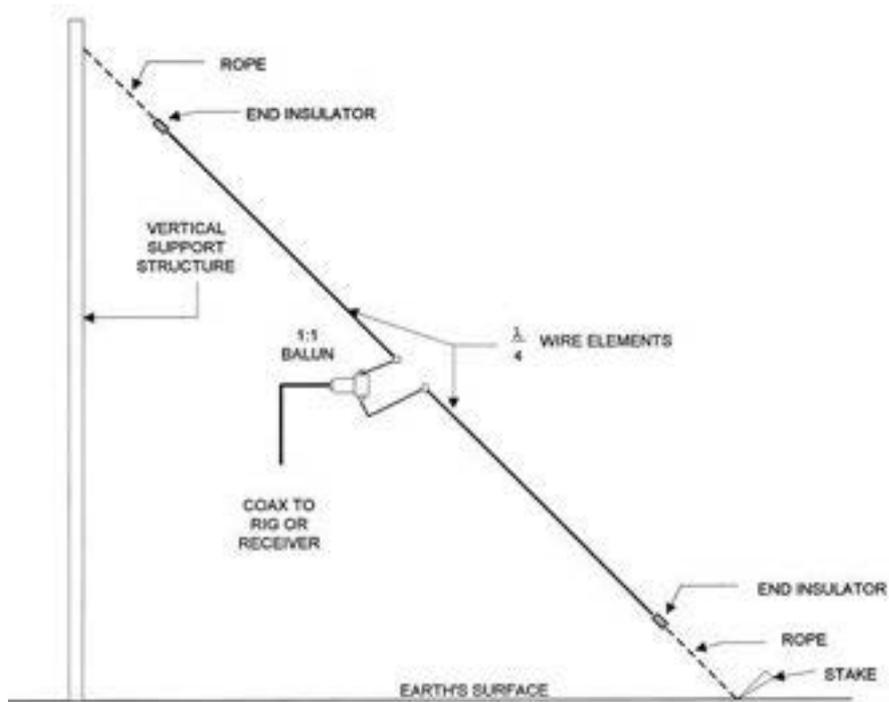
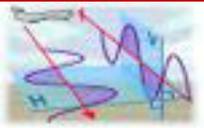
Seperti terlihat pada gambar diatas, untuk antena model L terbalik ini memungkinkan pembuat untuk mengatur ketinggian ataupun bentangan antena sesuai dengan lahan atau tempat yang ada. Panjang bentangan horizontal bisa lebih panjang atau lebih pendek dari bentangan bagian vertikal. Yang terpenting adalah antena ini matching dan ber-resonansi pada frekuensi yang diinginkan.

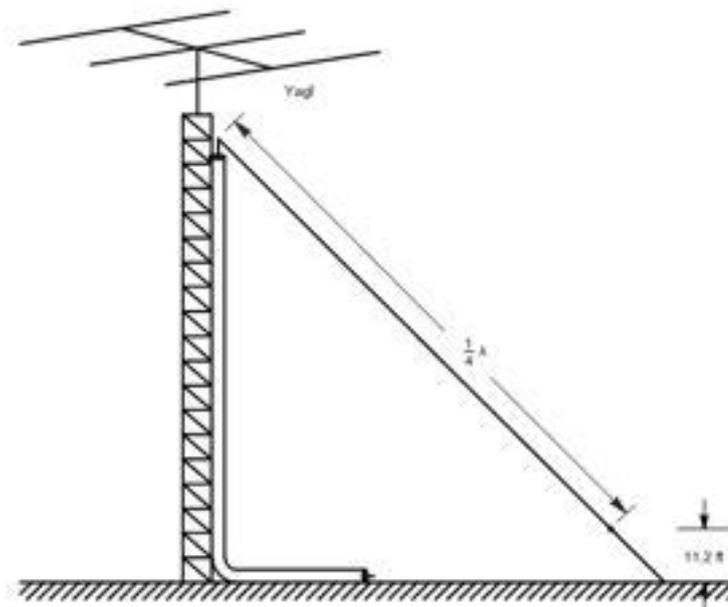
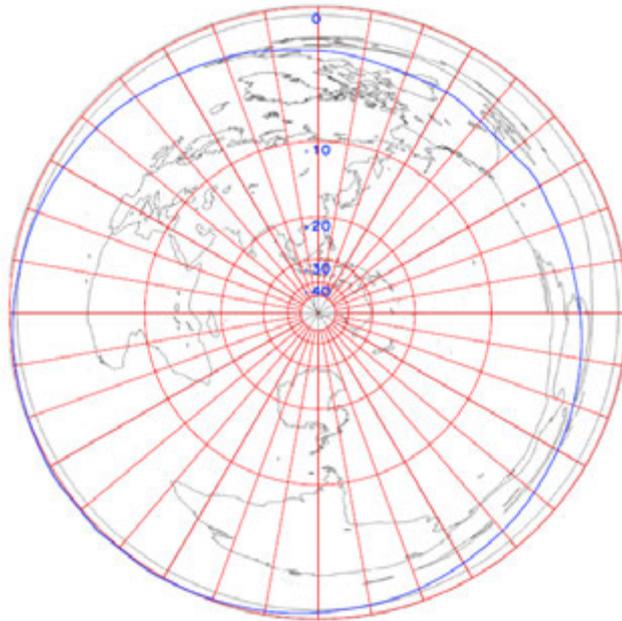
Pada model antena L terbalik seperti gambar diatas, feedpoint atau pengumpanan antena terdapat pada ujung bawah antena. Tentunya harus diperhatikan ketinggian feedpoint dari atas tanah, sehingga tidak menyentuh ke tanah (Grounding).

Gambar 8.7. Model antena L terbalik dengan Feedpoint di atas

Model antena diatas adalah model antena L terbalik dengan meletakkan feedpoint diatas, atau dibagian sudut 90^0. Perbedaan dengan antena model L terbalik yang sebelumnya (dasar) adalah terletak pada ketinggian dan dimensi panjang bentangan horizontalnya, selain perbedaan pada feedpoint nya.

3. Antena Tipe Sloper

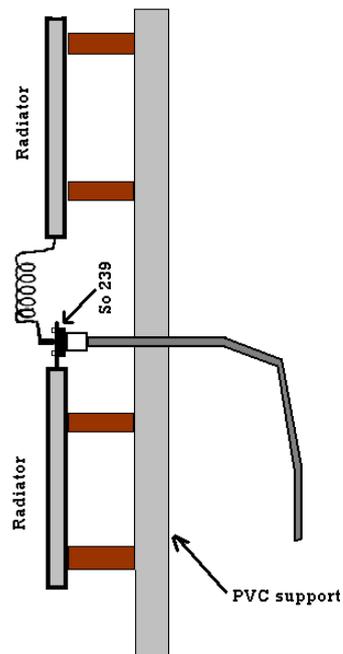
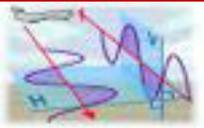
Antena tipe Sloper merupakan salah satu model antena yang mudah sekali dalam pembuatannya, sebab cukup memasangnya dengan posisi miring menghadap tanah dengan sudut radiasinya 45^0 sampai dengan sudut 60^0.

Antena tipe Sloper adalah antena dengan panjang $1/4\lambda$ atau $1/2\lambda$ yang pemasangannya dibentangkan miring dari ketinggian menuju ke bawah (tanah). Ilustrasi gambar antena tipe sloper seperti dibawah ini.

Gambar 8.8. Antena model Sloper

Perhitungan panjang antena seperti teori di bahasansebelumnya. Antena tipe Sloper ini mempunyai keunggulan yaitu pola pancaran yang melingkar (omnidirectional) dan membutuhkan lahan yang tidak luas. Kelemahannya adalah membutuhkan ketinggian tertentu.

Gambar 8.9. Antena tipe Half Sloper

Gambar 8.10. Pola pancaran tipe antena Sloper

4. Antena Tipe Dipole Vertikal

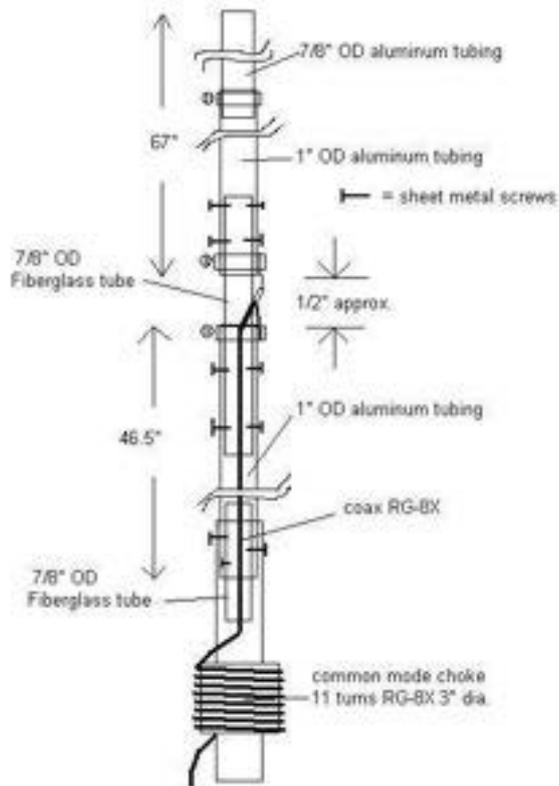
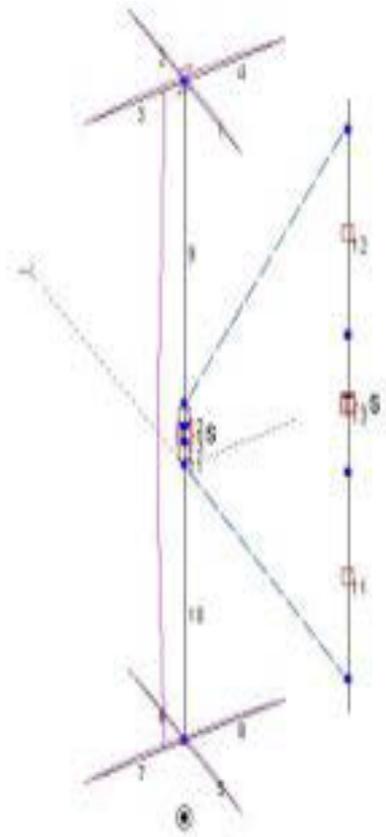
Antenna vertikal adalah jenis antena yang mudah dibuat dengan material penghantar elektrik, kawat atau sejenisnya dengan ukuran 1/8, 1/4, 5/8, 7/8 lamda dari panjang gelombang. Apabila antenna diletakan dekat dengan ground maka bumi menjadikan image dari distribusi curent dan voltages yang tak terlihat secara fisik. Apabila daya hantar ground baik konduktifitasnya akan mengakibatkan antena yang dipergunakan akan resonant, dengan image voltages dan current lalu mendapatkan SWR yang rendah sesuai dengan perhitungan band freq antenna tersebut dirancang.

Antena Dipole vertikal dibuat karena tuntutan yang timbul, antara lain lahan pendirian antena yang sempit dan keinginan pancaran yang baik. Maka dibuatlah antena model dipole vertikal. Contoh gambar antena dipole vertikal seperti dibawah ini.

(a) (b)

Gambar 8.11. (a) Model antena dipole vertikal, (b) antena dipole vertikal untuk pemancar FM

Kebanyakan antena bermasalah dengan ground losses resistance, ada yang memasangnya dalam ketinggian tertentu dan ada pula yang di letakan rata dengan tanah ada pula yang diletakan di samping bangunan metal atau beton. Tentunya mengakibatkan perubahan radiasi dan ground resistance dan juga *feed point impedance*. Panjang ground plane radial sekitar ¼ lamda dan ketinggian antenna secara keseluruhan sebaiknya lebih tinggi dari ½ lamda atau lebih akan lebih baik untuk medapatkan *zero ohms ground resistance*. Kurang lebih sekitar 12-15 meter dari atas tanah akan menambah kemampuan daya pancar dari antenna vertical performance, apalagi jika dipakai untuk kondisi band VHF dan UHF atau high band.

Antenna Vertikal jika dapasangkan dengan ketinggian yang pas-pasan atau paling tidak hanya ½ lamda dari permukaan tanah membutuhkan paling tidak 4 atau lebih radial untuk meredam efek loss dari ground dan akan lebih baik jika ditambahkan lagi radial ground plane sebanyak banyaknya.

Dibawah ini contoh-contoh antena dipole vertikal

Gambar 8.12. Rancangan antena dan bentuk jadi antena bekerja di 6m band

Gambar 8.13. Rancangan antena dan bentuk jadi antena bekerja di 40m band

Cara kerja radiator vertikal antena sangat tergantung sekali dengan koneksi ground yang ada, jika ground kurang baik mengakibatkan distribusi current di radial antenna akan kembali ke pemancar sehingga mengakibatkan power loss yang cukup banyak serta *feed point impedance* yang tidak semestinya sehingga menghambat radiasi antenna.

Di setiap kasus pembuatan antenna vertikal agar lebih efisien dan tidak terlalu banyak mengalami power loss, sebaiknya dengan menambah atau memperbanyak radial yang digunakan agar konduktifitas ground lebih sempurna. Ini sangat penting untuk sebagai catatan jika kita membuat suatu antenna agar tidak memotong radiator vertikal antenna secara fisik dalam tuning up atau set VSWR antenna, karena pemotongan panjang secara fisik akan mengurangi dimensi antenna tersebut dan berpengaruh terhadap sudut pancar radiasi dan impedansi di feed point antenna.

Sebaiknya biarkan bumi atau ground yang menyesuaikan tanpa mengurangi panjang atau ukuran diameter kabel serta dimensi secara fisik dari antenna radiator vertikal yang direncanakan.

c. Rangkuman

- Antena tipe T biasanya di sebut antena dipole horizontal. Ini dikarenakan bentuknya seperti huruf T.
- Model antena lain yang bisa ditemukan dalam pemakaian antena untuk HF (frekuensi tinggi) adalah antena model L terbalik (Inverted L Antenna). Biasanya antena ini terbuat dari kawat tunggal yang sudah diperhitungkan panjangnya sesuai dengan kebutuhan. Untuk rumus panjang antena seperti dijelaskan pada bab sebelumnya. Antena model ini sama dengan model antena vertikal yang di lipat ujungnya sebesar 90^0. Antena model ini memiliki keunggulan tersendiri dalam menaikkan tegangannya yang efektif terutama dalam hal yang bersifat listrik.
- Antena tipe Sloper merupakan salah satu model antena yang mudah sekali dalam pembuatannya, sebab cukup memasangnya dengan posisi miring menghadap tanah dengan sudut radiasinya 45^0 sampai dengan sudut 60^0
- Antena tipe Sloper merupakan salah satu model antena yang mudah sekali dalam pembuatannya, sebab cukup memasangnya dengan posisi miring menghadap tanah dengan sudut radiasinya 45^0 sampai dengan sudut 60^0

d. Tugas

Buatlah kelompok diskusi yeng masing-masing beranggotakan 4 sampai dengan 6 orang. Diskusikan dalam kelompok tentang tipe-tipe antena. Presentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas.

e. Lembar Kerja

f. Test Formatif

1. Antena tipe T biasanya di sebut antena...
   a. dipole horizontal
   b. dipole vertikal
   c. dipole sloper
   d. dipole miring
2. Untuk memperoleh performance yang baik, Antena dipole sebaiknya dipasang FLAT TOP pada ketinggian minimum,,,
   a. $\frac{1}{2}\lambda$.
   b. 1/3 λ
   c. ¼λ
   d. 1/5λ

3. Antena tipe L terbalik memiliki daya kemampuan sama seperti antena vertikal yaitu pola pancarannya ke semua arah atau *omnidirectional*, secara umum metode antena model ini dinamakan model...
   a. Flat Top
   b. Flat Load
   c. *Flat Loap*
   d. Flat Road

4. Antena tipe Sloper adalah antena...
   a. dengan panjang 1λ yang pemasangannya dibentangkan miring dari ketinggian menuju ke bawah
   b. dengan panjang 1/4λ atau 1/2λ yang pemasangannya dibentangkan mendatar dari ketinggian 1/4λ.
   c. dengan panjang 1/4λ atau 1/2λ yang pemasangannya dibentangkan menyerupai L terbalik dari ketinggian menuju ke bawah (tanah).
   d. dengan panjang 1/4λ atau 1/2λ yang pemasangannya dibentangkan miring dari ketinggian menuju ke bawah (tanah).

g. Lembar Jawaban

Nomor	Pilihlah jawaban yang benar dengan memberi tanda silang			
1	A	b	c	d
2	A	b	c	d
3	A	b	c	d
4	A	b	c	d
5	A	b	c	d

KEGIATAN BELAJAR 9

Antena Yagi

a. Tujuan Pembelajaran :

- Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat merencanakan tipe antena Yagi

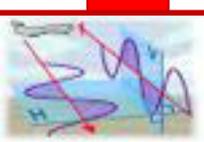
b. Uraian Materi

Antena Yagi

Antena Yagi atau juga dikenal antena Yagi-Uda digunakan secara luas dan merupakan salah satu antena dengan desain paling sukses atau banyak digunakan untuk aplikasi RF direktif. Antena Yagi-Uda adalah nama lengkapnya, pada umumnya dikenal dengan sebutan Yagi atau antena Yagi.

Antena Yagi digunakan untuk menerima atau mengirim sinyal radio. Antena ini dulu banyak digunakan pada Perang Dunia ke 2 karena antena ini amat mudah dibuat dan tidak terlalu ribet. Antena Yagi adalah antena direktional, artinya dia hanya dapat mengambil atau menerima sinyal pada satu arah (yaitu depan), oleh karena itu antena ini berbeda dengan antena dipole standar yang dapat mengambil sinyal sama baiknya dalam setiap arah. Antena dipole adalah antena paling sederhana, dia hanya menggunakan satu elemen tunggal. Antena Yagi biasanya memiliki Gain sekitar 3 – 20 dB.

Sejarah Antena Yagi Uda

- Pada tahun 1926 Dr. Hidetsugu Yagi dan Dr. Shintaro Uda dari Tohoku Imperial University menemukan sebuah antena yang saat ini umum digunakan, antena ini dinamakan Yagi Uda. Tetapi biasanya lebih sering disebut antena Yagi.
- Antena Yagi Uda mudah kita jumpai di Indonesia, biasa digunakan sebagai Antena TV yang dipasang di atap rumah. Antena Yagi bekerja pada jangkauan frekuensi 30 MHz sampai 3GHz. Dengan jarak 40 sampai 60 km.

Antena Yagi digunakan untuk menerima atau mengirim sinyal radio. Antena Yagi adalah antena direktional, artinya dia hanya dapat mengambil atau menerima sinyal pada satu arah (yaitu depan).Antena Yagi biasanya memiliki Gain sekitar 3 – 20 dB.

Antena Yagi Uda disusun dengan beberapa elemen atau bagian. Elemen Antena Yagi Uda terdiri dari :

- Driven
- Reflector
- Director
- Boom

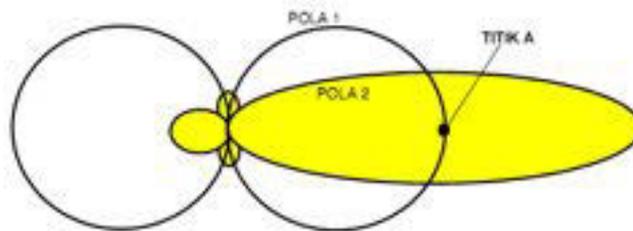
Driven adalah titik catu dari kabel antenna, biasanya panjang fisik driven adalah setengah panjang gelombang (0,5 λ) dari frekuensi radio yang dipancarkan atau diterima.

Reflektor adalah bagian belakang antenna yang berfungsi sebagai pemantul sinyal,dengan panjang fisik lebih panjang daripada driven. panjang biasanya adalah 0,55 λ (panjang gelombang).

Director adalah bagian pengarah antena, ukurannya sedikit lebih pendek daripada driven. Penambahan batang director akan menambah gain antena, namun akan membuat pola pengarahan antena menjadi lebih sempit. Semakin banyak jumlah director, maka semakin sempit arahnya.

Boom adalah bagian ditempatkanya driven, reflektor, dan direktor. Boom berbentuk sebatang logam atau kayu yang panjangnya sepanjang antena itu. Antena Yagi, juga memiliki spasi (jarak) antara elemen. Jaraknya umumnya sama, yaitu 0.1 λ dari frekuensi.

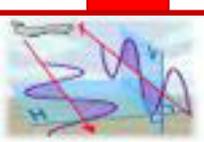
Antena Yagi mempunyai karakteristik tersendiri yang disebut Pola Radiasi**.**Pola Radiasi antena yagi adalah 'Direksional'.Artinya perambatan sinyal dari antena ini hanya terletak pada satu arah garis lurus. Jika terjadi kemiringan sudut dari antena pemancar atau sumber sinyal, maka sinyal yang terjadi

akanmenjadi kurang bagus. Pola radiasi direksional Antena Yagi Uda digambarkan sebagai berikut :

Gambar 9.1. Pola radiasi antena Yagi

Kita perhatikan gambar diatas, pola 1 adalah pola pancaran antena dipole. Bila pada antena dipole diberikan sebuah reflektor dan director, maka akan kita peroleh pola pancaran seperti tergambar sebagai pola 2. Pancaran ke satu arah akan menjadi lebih jauh sedangkan pancaran ke jurusan lainnya akan menjadi jauh lebih kecil.Antena pengarah dikatakan mempunyai gain, yang dinyatakan dalam dB. Gain adalah perbandingan logarithmik antara power antena dibandingkan dengan dipole ½ Lambda. Apabila sebagai pembanding digunakan antena isotropic, maka gain dinyatakan dalam dBi. Misalnya antena dipole ½ Lambda mempunyai gain sebesar +2.1 dBi terhadap isotropic. Akan tetapi pada umumnya gain suatu antena yang digunakan pembanding adalah dipole ½ Lambda.Misalnya power suatu antena pada titik A (periksa gambar diatas) adalah Pa sedangkan power dipole ½ Lambda di tempat itu sebesar Pd , maka gain antena:

$$\text{Gain} = 10 \log_{10} P_d / P_a \text{ dB}$$

Mengukur gain suatu antena praktis tidak pernah dilakukan karena untuk pekerjaan ini diperlukan suatu sangkar Farraday yang cukup besar.Misalnya untuk penelitian gain antena 35CM perlu sangkar Farraday sebesar 6 x 6 x 6 meter. Makin rendah frekuensi makin besar ukuran sangkar Farraday, hal ini tentu memakan biaya yang sangat besar.

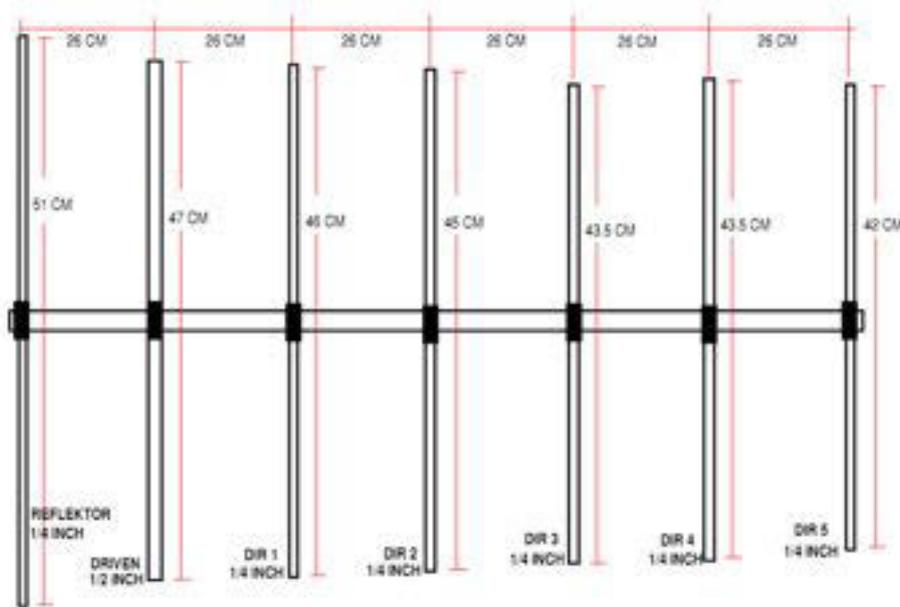
Perbandingan kuat pancaran ke arah depan dengan arahbelakangdisebut frontto back ratio.Sedangkan perbandingan kuat pancaran ke depan dengan kuat pancarank ke arah samping disebut front to side ratio. Untuk mengetahui

keberhasilan kita membuat antena pengarah, secara praktis dapat kita amati dari front to back rationya. Makin besar front to back ratio menandakan makin baiknya pengarahan antena tersebut dan umumnya front to side rationya juga menjadi makin kecil. Dalam praktek kita tidak pernah mengukur besarnya gain antena.

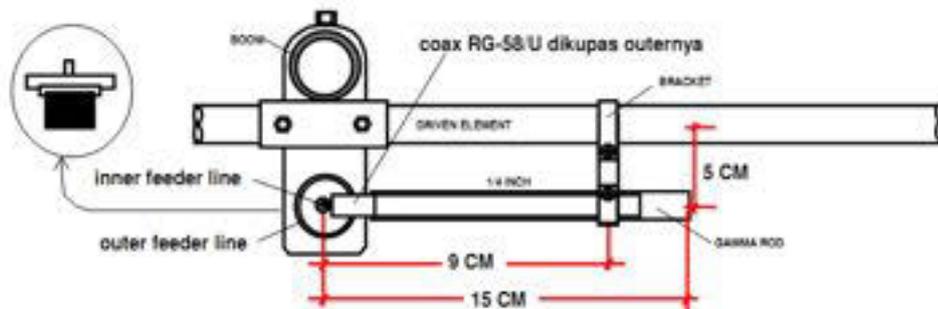
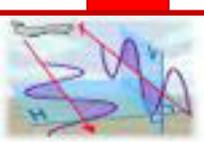
Antena yagi VHF

Antena Yagiuntuk band VHF 2 meter biasanya elemennya dibuat lebih banyak untuk mendapatkan gain yang memuaskan penggunanya. Walaupun disadari bahwa penambahan director makin banyak makin memberikan tambahan gain yang makin kecil, akan tetapi karena ujud fisik antena tersebut kecil dan ringan, maka penambahan elemen yang banyak tidak mempunyai dampak buruk bagi ketahanan boom dan ketahananterhadap tiupan angin serta jumlah bahan yang dipakai.

Seperti halnya dengan antena Yagi untuk HF, maka driven element dapat berupa dipole, akan tetapi kebanyakan menggunakan gamma matching device. Untuk band 2 meteran, dimensi Gamma matching device dibuat lebih kecil, seperti terlihat pada gambar dibawah. Sedangkan bahan untuk elemen dapat digunakan tubing aluminium dari ¼ inch dan tidak perlu dibuat teleskopik.

Untuk VHF 2 meter, konfigurasi elemen-elemen dibuat tegak untuk mendapatkan polarisasi vertikal. Yang perlu diperhatikan disini adalah feeder line harus diatur sedemikian sehingga tegak lurus dengan arah bentangan elemen. Feeder line dapat ditarik kearah belakang mengikuti boom atau dapat juga ditarik tegak lurus dengan boom dan tegak lurus pula dengan bentangan elemen. Gambar dibawah adalah suatu contoh antena Yagi untuk VHF 2 meter dengan 7 elemen, terdiri atas driven element, reflektor dan 5 buah director.

Selanjutnya anda bisa mengadakan modifikasi mengenai spacing dari masing-masing elemen serta panjang masing-masing directornya untuk memperoleh performance yang paling bagus. Disarankan bahwa setiap kita mengadakan modifikasi, maka spesifikasi yang lama janganlah dibuang tetapi dicatat, sehingga misalnya hasil modifikasinya kurang memuaskan, kita masih dapat kembali pada spesifikasi terdahulu.

Gambar 9.2. Antena Yagi VHF

Apabila kita perhatikan antena-antena buatan pabrik maka panjang serta spacingelemen-elemen beragam. Dengan mempelajari antena-antena buatan pabrik tersebut rekan-rekan amatirradio bisa mendapatkan inspirasi untuk membuat modifikasi sehingga dicapai performance yang lebih baik. Untuk pembuatan matching device, berikut ini diberikan contoh pembuatan gamma match untuk VHF 2M yang cocok digunakan pada antena seperti terdapat pada contoh pada gambar di atas. Gambar dibawah hanyalah sekedar memberikan contoh salah satu cara membuat gamma matching device, rekan-rekan amatir radio diharapkan dapat mengadakan modifikasi sehingga dapat ditemukan device yang lebih bagus lagi.

Gambar 9.3. Gamma Matching antena VHF

Matching dilakukan dengan mengatur gamma rod dan bracket sehingga didapatkan SWR yang baik. Menggerakkan bracket berarti mengatur induktansi dan menggerakkan rod berarti mengatur kapasitansi. Antara gamma rod dan inner coaxial membentuk suatu kondensator, nilai kapasitansinya ditentukan oleh panjang coaxial cable dalam gamma rod.

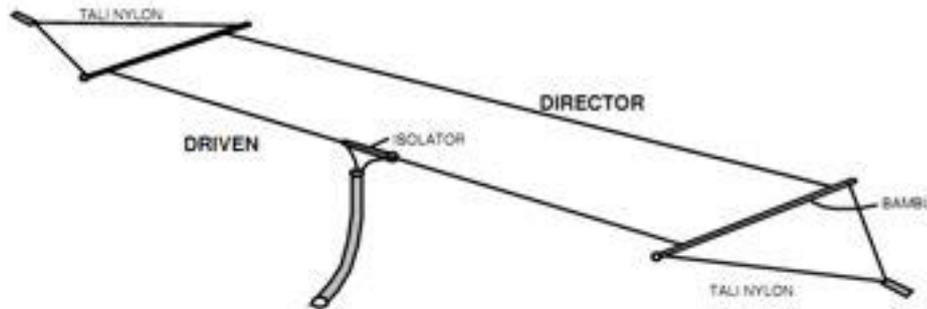
Antena Yagi HF

Antena Yagi yang paling sederhana adalah antena 2 elemen yang terdiri atas satu radiator atau driven elemen dan satu elemen parasitik sebagai director dengan spacing sekitar 0.1 λ. Power gain dapat mencapai sekitar 5 dB dengn front to back ratio sebesar 7 sampai 15 dB. Gain akan menjadi sedikit lebih rendah apabila parasitik elemen tersebut dipasang sebagai reflektor. Untuk band-band 10 -30 meter, bahan elemen dapat dari tubing aluminium sehingga memungkinkan untuk diputar-putar arahnya. Akan tetapi untuk band 160 meter atau 80 meter, tubing aluminium menjadi tidak praktis karena terlalu panjang sehingga kurang kuat, lebih praktis digunakan kawat dengan konsekuensi tidak dapat diputar arah. Panjang elemen Yagi dipengaruhi oleh diameter elemen dan adanya sambungan-sambungan. Baik diameter elemen maupun banyaknya sambungan akan memberikan pengaruh terhadap kapasitansi antar elemen, seperti kita ketahui bahwa dua logam yang terletak sejajar tersebut akan merupakan suatu kapasitor. Rumus perkiraan untuk menghitung panjang elemen dan spacing antena Yagi dua elemen adalah sebagai berikut :

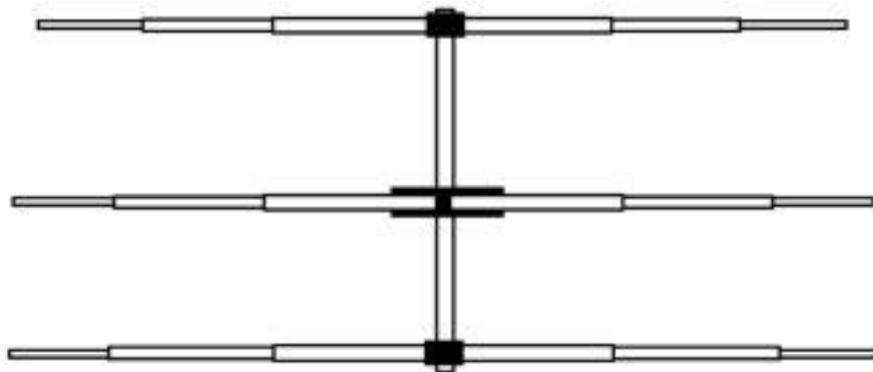
Driven elemen 145 / f (dalam MHz) meter.
Director 137 / f (dalam MHz) meter.
Spacing 36.6 / f (dalam MHz) meter

Elemen antena Yagi untuk band 20, 17, 15, 12 dan 10 meter lebih praktis dibuat dari bahan tubing aluminium, sehingga dapat diputar-putar dengan meng-gunakan rotator yang digerakkan dengan listrik atau rotator yang digerakkan dengan tangan.

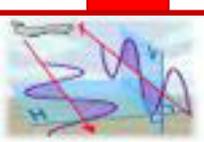
Tubing yang diperlukan untuk membuat antena ini adalah tubing aluminium yang tebal yang disusun secara teleskopik, ialah ditengah diameter besar makin ke ujung diameter makin mengecil, agar antena tersebut tidak

menjadi terlalu melengkung ke bawah pada ujung-ujungnya. Untuk antena 10 meter, elemen dapat dibuat dari tubing diameter ½ inch dan¾ inch, untuk 20 meter dengan diameter ¼, ½ h, ¾ dan 1 inch.

Gambar 9.4. Antena Yagi 2 elemen untuk HF

Mengenai diameter tubing dapat dicoba-coba sendiri sehingga didapatkan performance yang cukup baik, mengingat tersedianya tubing aluminium di pasaran pada masing-masing tempat.

Antena untuk band band 20 sampai 10 meter dapat dibuat dengan 3 elemen, yaitu driven elemen, satu reflektor dan satu director. Power gain antena tergantung pada spacing antar elemen, dengan spacing 0.15 λ antena ini diharapkan akan memeberikan gain sebesar sekitar 8 dB dengan front to back ratio antara 10 sampai 25 dB.

Gambar 9.5. Antena Yagi HF 3 elemen

Panjang elemen dan spacing antar elemen dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

Reflektor elemen	153 / f (dalam MHz) meter.
Driven elemen	144 / f (dalam MHz) meter.
Director	137 / f (dalam MHz) meter.
Spacing	36.6 / f (dalam MHz) meter

Elemen antena Yagi di atas masih dapat ditambah lagi menjadi 4 elemen dengan menambahkan satu director akan tetapi panjang elemennya perlu diubah. Seperti telah diutarakan di atas, power gain antena tergantung pada spacing antar elemen atau dapat dikatakan panjang boomnya. Dengan panjang boom 0.45 λ antena 4 elemen Yagi diharapkan akan memeberikan gain sebesar sekitar 9.5 dB sampaiu 10 dB dengan front to back ratio antara 15 sampai 25 dB.

Apabila kita perhatikan antara penambahan jumlah elemen dan tambahan power gainnya, maka terlihat bahwa antena dengan 3 elemen dapat dipandang merupakan jumlah elemen yang paling optimal. Tambahan jumlah elemen berikutnya makin tidak memberikan angka yang berarti. Untuk antena Yagi empat elemen, perhitungan panjang elemen serta spacingnya dapat menggunakan tabel sebagai berikut :

Reflektor elemen	153 / f (dalam MHz) meter.
Driven elemen	144 / f (dalam MHz) meter.
Director 1	137 / f (dalam MHz) meter.
Director 2	135 / f (dalam MHz) meter.
Spacing	36.6 / f (dalam MHz) meter

Perlu diperhatikan sekali lagi bahwa diameter tubing, panjang masing bagian elemen, serta ketinggian antena akan sangat berpengaruh terhadap kepanjangan elemen Yagi. Rumus tersebut di atas akan memberikan panjang theoritis yang masih perlu koreksi lingkungan.

Dalam praktek di lapangan, anda diharapkan mengadakan banyak percobaan, sehingga akan didapatkan hasil yang paling baik disesuaikan dengan bahan yang dipergunakan serta kondisi lingkungan ditempat masing-masing. Suatu antena yang sudah diset baik di suatu lokasi, bila dipasang di lain lokasi bisa menjadi kurang baik.

Cara Membuat Antena Yagi untuk 2 meter Band

Dari berbagai macam Buku Referensi Antena yang pernah Penulis baca, bisa disimpulkan bahwa : " *Tidak ada formula khusus untuk membuat Yagi terbaik di Band manapun* ". Akan tetapi banyak sekali design Yagi yang baik dan bisa dicoba dibuat sendiri.

Dari berbagai literature tentang antenna Yagi pada Band manapun, secara umum bisa disimpulkan sbb :

a. Driven Element mempunyai panjang ½ λ.

Sehingga rumus untuk menghitung total panjang Driven Element sebuah Yagi adalah sbb :

$$\lambda = \frac{300}{f}$$

$$L = 0{,}5 \times K \times \lambda$$

Dimana :

f adalah frekwensi kerja yang diinginkan.

λ adalah panjang gelombang diudara

L adalah panjang Driven Element.

K adalah velocity factor pada logam yang diambil sebesar 0,95.

b. Panjang Reflector biasanya dibuat sekitar 7 % lebih panjang dari Driven Element.

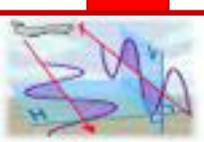
c. Panjang Director 1 dibuat 5 % lebih pendek dari Driven Element.

Jika akan dibuat Yagi yang memiliki elemen lebih dari 3 elemen, maka Director berikutnya (Director 2) biasanya dipotong sedikit lebih pendek dari Director 1. Demikian juga dengan Director 3 , Director 4 dan seterusnya

Sebagai contoh,

Kita akan membuat antenna Yagi untuk bekerja pada 144 MHz (2 m band). Maka dari perhitungan diperoleh :

λ = 300 / 144,000 = 2,0833333 meter.

K diambil sebesar 0,95.

Jadi Panjang Driven Element adalah

0,5 x 0,95 x 2,0833333 meter = 0,9896 meter atau dibulatkan 99 cm.

Panjang Reflector 7 % lebih panjang dari Driven Element. Maka panjang Reflector adalah 1,07 x 99 cm = 105,93 cm dibulatkan 106 cm.

Panjang Director 1 ditetapkan 5 % lebih pendek dari Driven Element. Maka panjang Director 1 adalah 0,95 x 99 cm = 94,05 cm.

Kita sudah menghitung panjang element sebuah Yagi 3 element yang mempunyai gain sekitar 5 dB.

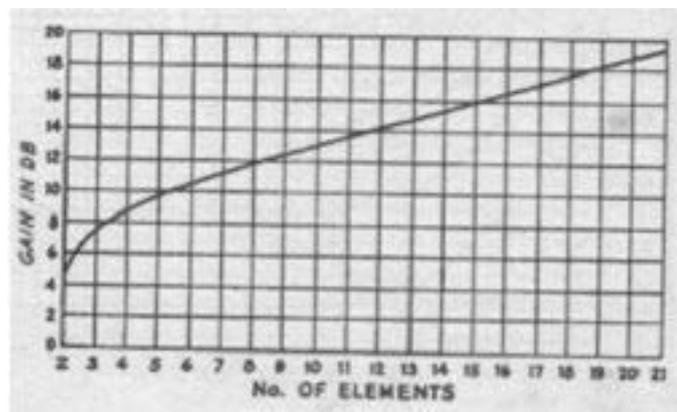
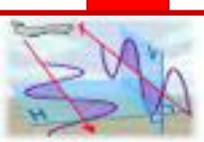
Bagaimana dengan jarak antara element ?. Dari literatur yang pernah Penulis baca :

- Gain terbesar diperoleh jika jarak antara Driven Element dengan Reflector sekitar 0,2 λ – 0,25 λ
- Untuk memperoleh coupling yang baik antara Driven Element dengan Director 1, maka Director 1 sebaiknya ditempatkan sejauh 0,1 λ– 0,15λdari Driven Element.
- Director 2 agar ditempatkan sejauh 0,15 λ– 0,2 λdari Director 1.
- Director 3 ditempatkan sejauh 0,2 λ – 0,25 λ dari Director 2, dan seterusnya.

Hal ini berarti, untuk Yagi 2 m Band, jarak antar elemen sekitar 40 cm – 50 cm, kecuali Driven Elemen dengan Director 1 sekitar 20 cm – 30 cm.

Tabel 9.1 jarak antar elemen antena Yagi 2m Band

Nama Element	Singkatan	Jarak antar element (dalam λ udara)
Reflector	R	
		0,2 λ - 0,25 λ
Driven Element	DE	
		0,1λ - 0,15 λ
Director 1	D1	
		0,15 λ - 0,2 λ
Director 2	D2	
		0,2 λ - 0,25 λ
Director 3	D3	
		0,2 λ - 0,25 λ
Director 4	D4	
		0,2 λ - 0,25 λ
Director 5	D5	
		0,2 λ - 0,25 λ
Director 6	D6	
		0,2 λ - 0,25 λ
Director 7	D7	
		0,2 λ - 0,25 λ
Director 8	D8	
		0,2 λ - 0,25 λ
Director 9	D9	

Semakin banyak elemen Yagi, maka akan diperoleh gain antenna yang semakin besar. Grafik berikut (dari The ARRL Antenna Book, 1974 halaman 153) memperlihatkan GAIN vs Banyaknya elemen Yagi.

Gambar 9.6. Perbandingan jumlah elemen dengan gain antena

Terlihat bahwa Yagi 8 elemen bisa menghasilkan gain sekitar 11 – 12 dB dan Yagi 11 elemen bisa menghasilkan gain sekitar 13 – 14 dB.

Dalam membuat Antena Yagi, maka beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah :

a. Semakin banyak elemen Yagi tentunya akan membutuhkan Boom yang semakin panjang.
b. Untuk memperoleh gain antenna yang besar, maka Antena Yagi biasanya dibuat sepanjang mungkin sampai Boomnya mulai melengkung. Maksimum panjang Boom 6 meter, kecuali di perkuat khusus.
c. Setelah itu, jika masih diperlukan tambahan gain antenna, barulah antenna Yagi tersebut di stack dua, atau bahkan di stack empat.

Perlu diperhatikan bahwa antenna Yagi yang di stack dua hanya akan memberikan tambahan 3 dB gain diatas antenna Yagi tunggal dan antenna Yagi yang di stack empat hanya memberikan tambahan 6 dB gain diatas Yagi tunggal atau tambahan 3 dB gain diatas Yagi yang di stack dua. Selain itu, perlu cara khusus jika kita men-stack dua Yagiatau empat Yagi yang biayanya mungkin kurang sebanding dengan tambahan gain yang kita peroleh.

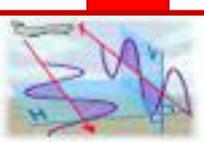
Berikut akan menguraikan cara-cara membuat Yagi 8 element dan 11 element. Anda bisa memilih yang sesuai dengan keinginan. Tentunya Yagi 11 element akan lebih mahal karena memerlukan Boom yang lebih panjang serta tambahan Bracket antenna sebanyak 3 buah.

Untuk elemen Reflector, Director 1, Director 2 dst memakai Aluminium tubing ukuran 3/8 inch. Untuk Driven Element agar bandwidthnya lebih lebar, usahakan memakai Aluminium tubing berukuran ½ inch. Hal ini agak menyulitkan karenaanda harus membeli lagi Aluminium dengan ukuran yang berbeda dengan 3/8 inch. Jika sekiranya menyulitkan, maka Driven Element bisa dibuat dengan Aluminium tubing 3/8 inch. Panjang setiap element antenna dan jarak antara element bisa dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel Yagi 8 Element dan Yagi 11 Element untuk Band 2 meter.

Nama Element	Singkatan	Ukuran Aluminium tubing	Yagi 8 Element		Yagi 11 Element	
			Panjang Element cm	Jarak cm	Panjang Element cm	Jarak cm
Reflector	R	3/8 inch	106		106	
				40		40
Driven Element	DE	1/2 inch	99		99	
				30		30
Director 1	D1	3/8 inch	93,5		93,5	
				35		35
Director 2	D2	3/8 inch	93,5		93,5	
				40		40
Director 3	D3	3/8 inch	89,5		93,5	
				40		40
Director 4	D4	3/8 inch	89,5		89,5	
				40		40
Director 5	D5	3/8 inch	85,5		89,5	
				40		40
Director 6	D6	3/8 inch	85,5		89,5	
						40
Director 7	D7	3/8 inch			85,5	
						40
Director 8	D8	3/8 inch			85,5	
						40
Director 9	D9	3/8 inch			85,5	

Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk membuat Yagi 2 m Band sebagaiberikut :

No.	Nama Bahan	Satuan	Yagi 8 Element	Yagi 11 Element	Catatan
			Qty	Qty	
1	Bracket ukuran 1 inch - 3/8 inch	buah	7	10	Untuk Reflector & Director
2	Bracket ukuran 1 inch - 1/2 inch dengan lubang socket SO-239	buah	1	1	Untuk Driven Element
3	Aluminium tubing 1 inch	meter	2,75	3,95	Untuk Boom antena
4	Shorting bar untuk Gamma Match ukuran 3/8 inch - 1/2 inch jarak 2 inch	buah	1	1	Untuk Gamma match
5	Socket SO-239	buah	1	1	
6	RG-8 Coaxial cable	cm	15	15	Untuk Gamma match
7	Aluminium tubing 3/8 inch	meter	7	10	Untuk elemen Reflector dan Director
8	Aluminium tubing 1/2 inch	meter	1	1	Untuk Driven Element
9	U-Bolt 1,5 inch	buah	8	8	Untuk pengikat ke Tiang
10	Plat cor Aluminium ukuran 10 x 20 cm	buah	2	2	Untuk pengikat ke Tiang

Cara pembuatan Antena Yagi :

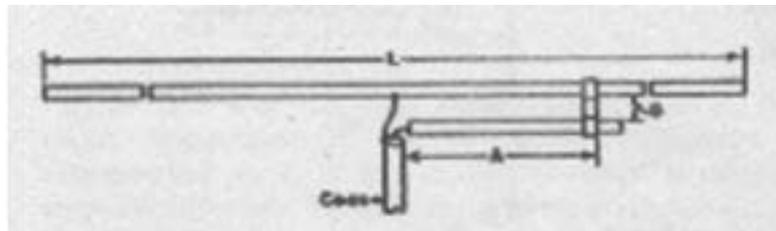
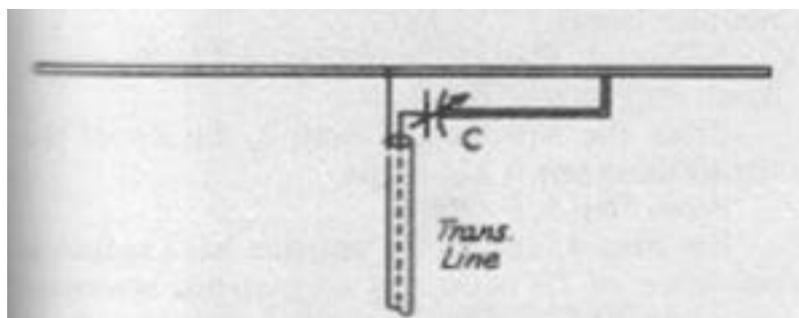
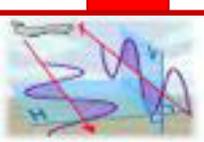
- Potong Aluminium tubing ukuran ½ inch sepanjang 99 cm untuk Driven Element. Beri tanda bagian tengahnya dengan spidol hitam.
- Potong Aluminium tubing ukuran 3/8 inch untuk Reflector dan semua Director seperti pada Tabel diatas. Beri tanda bagian tengahnya dengan spidol.
- Potong Aluminium tubing ukuran 1 inch untuk Boom antenna. Panjang Boom untuk Yagi 8 elemen adalah 2,65 meter. Beri allowance sekitar 5 cm kiri dan kanan sehingga potonglah sepanjang 275 cm. Sedangkan panjang Boom untuk Yagi 11 elemen adalah 385 cm sehingga dengan allowance 5 cm kiri dan kanan, potonglah sepanjang 395 cm.
- Pasang semua elemen Reflector dan Director pada bracketnya. Beri tanda R untuk Reflector, D1 untuk Director 1, D2 untuk Director 2, dst agar memudahkan saat kita melakukan assembling nanti.
- Khusus untuk Driven Element, buat dulu Gamma match sesuai petunjuk di halaman berikut ini.
- Setelah Gamma match selesai dirakit, ambil Boom antenna dan masukkan semua elemen + bracket kedalam Boom antenna sesuai urutannya.
- Mula-mula tempatkan Reflector pada Boom pada jarak 5 cm dari ujung Boom.
- Kemudian tempatkan Director terakhir pada ujung Boom yang satu lagi pada jarak 5 cm dari ujung Boom.
- Reflector dan Director terakhir harus berada dalam satu bidang datar.
- Kemudian, kencangkan baut bracket Driven Element pada Boom antenna pada jarak 40 cm dari Reflector. Usahakan agar Reflector dan Driven Element berada dalam satu bidang datar.
- Berikutnya kencangkan baut bracket Director 1 pada Boom antenna pada jarak 30 cm dari Driven Element.
- Selanjutnya kencangkan baut bracket Director 2 pada Boom antenna pada jarak 35 cm dari Director 1 atau 65 cm dari Driven Element.
- Kencangkan baut bracket Director 3 pada jarak 40 cm dari Director 2 atau 105 cm dari Driven Element.
- Lakukan berturut-turut untuk Director 4, Director 5, danseterusnya dengan jarak 40 cm dari Director sebelumnya.

- Teliti kembali dan usahakan agar semua elemen mulai dari Reflector, Driven Element dan semua Director berada pada satu bidang datar.
- Sampai tahap ini, Yagi Anda sudah selesai dibuat dan siap untuk di tuning agar SWR nya menunjukkan angka mendekati 1 : 1.

Matching system untuk Yagi

Untuk matching system, bisa digunakan bermacam-macam system, diantaranya :

a. Gamma Match
b. T Match
c. Delta Match
d. Beta Match
e. Omega Match
f. Hairpin Match

Gamma Match merupakan versi unbalance dari T Match, sehingga paling cocok digunakan untuk coaxial cable sebagai direct feeding untuk Yagi. Gamma Match mudah dibuat sehingga sangat popular dikalangan amatir radio karena sangat mudah konstruksinya.

Gambar 9.7. Gamma Match model 1

Gambar 9.8. Gamma Match model 2

Dari illustrasi gambar Gamma Match, terlihat bahwa Driven Element tidak terputus ditengah seperti halnya antenna Dipole yang memakai Balun 1 : 1. Pada Gamma Match diperlukan sebuah Capacitor yang menurut Buku Referensi ARRL Antenna Book, 1974 nilainya sekitar 7 pF per meter panjang gelombang. Dengan demikian, dapat disimpulkan kebutuhan Capacitor untuk Gamma Match antenna Yagi untuk berbagai Band adalah sbb :

Band	Capacitor pF
70 cm	4.9
2 m	14
6 m	42
10 m	70
15 m	105
20 m	140

Capacitor yang dibutuhkan oleh Gamma Match tidak perlu dalam bentuk Variable Capacitor, tetapi bisa dalam bentuk Fixed Capacitor sesuai Tabel diatas. Fixed Capacitor tersebut dapat dibuat dari Inner Conductor RG-8 setelah bagian luar plastic warna hitam dan shieldednya dihilangkan.

Inner Conductor dan lapisan Polypropylene, yaitu lapisan plastic berwarna putih susu (bukan foam) akan tepat masuk kedalam Aluminium tubing ukuran 3/8 inch diameter.Tergantung dari panjang Inner Conductor yang dipakai, maka akan dihasilkan Capacitor yang berbeda kapasitansinya.

Dari Tabel Data bermacam-macam coaxial cable, ternyata kapasitansi RG-8adalah sebesar 29,5 pF per-feet (1 feet = 30,48 cm), sehingga setiap 1 cm RG-8 mempunyai kapasitansi sekitar 1 pF. Dengan demikian untuk membuat Gamma Match untuk Yagi 2 meter Band, dimana capacitor yang dibutuhkan adalah 14 pF, maka anda dapat membuat capacitor tersebut dari Inner Conductor RG-8 sepanjang L = 14 cm karena akan menghasilkan Capacitor sebesar 14 pF jika Inner Conductortersebut dimasukkan kedalam Aluminium tubing 3/8 inch. Untuk keperluan penyolderan ke Connector SO-239, tambahkan allowance sekitar 1 cm seperti pada illustrasi diatas.

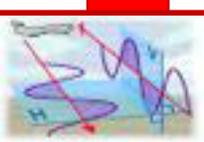
Untuk bracket Driven Element yang bentuknya seperti gambar dibawah ini, pilihlah yang jarak d (center Driven Element to center Connector SO-239) sebesar 5 cm untuk Yagi 2 meter Band.

Gambar 9.9. Macam bracket untuk antena Yagi

Sebagai informasi, jarak d untuk Driven Element Yagi berbagai macam Band adalah sbb :

Band	Jarak d cm
70 cm	2.5
2 m	5
6 m	5
10 m	7.5
15 m	10
20 m	15

Cara membuat Gamma Match untuk Yagi 2 meter Band adalah sbb :

- Potong Aluminium tubing ukuran ½ inch untuk Driven Element sepanjang 99 cm.
- Ambil bracket Driven Element dan pasang Connector SO-239 pada tempatnya.
- Pasang Driven Element pada tempatnya sehingga tepat center.
- Potong coaxial cable RG-8 sepanjang 15 cm dan buang plastic warna hitam serta shieldednya.

- Kuliti plastic warna putih Polypropylene sepanjang ¾ cm dan beri sedikit timah solder. Tekuk sedikit bagian ini untuk di solder ke Connector SO-239.
- Potong Aluminium tubing ukuran 3/8 inch sepanjang 20 cm.
- Masukkan Inner Conductor RG-8 kedalam Aluminium tubing 3/8 inch sedalam 14 cm.
- Solder ujung Inner Conductor dengan Connector SO-239.
- Pasang Shorting Bar antara Driven Element dan Gamma Match sekitar 11 cm dari center Boom.
- Untuk melindungi Gamma Match dari cuaca hujan maupun terik matahari, dansebagainya, beri lapisan Araldit warna merah (fast cure dalam 5 menit) sehingga seluruh bagian solder dan ujung Inner Conductor tertutup Araldit.
- Driven Element siap dirangkai bersama Reflector dan Director lainnya menjadi antenna Yagi.

Gambar 9.10. Gamma Match yang sudah jadi

Pemasangan antenna Yagi

Antena Yagi bisa dipasang dengan polarisasi Vertical maupun Horizontal. Untuk antenna Yagi 2 meter Band biasanya dipasang dengan polarisasi Vertikal sedangkan Yagi 6 meter, Yagi 10 meter, Yagi 15 meter dan Yagi 20 meter biasa dipasang dengan polarisasi Horizontal.

Pemasangan Yagi untuk menghasilkan pancaran polarisasi Vertikal adalah dengan memasang antenna Yagi sedemikian rupa sehingga seluruh

elemen antenna tegak lurus dengan bumi sedangkan untuk menghasilkan polarisasi Horizontal, seluruh elemen Yagi sejajar dengan bumi.

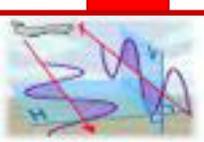
Untuk memasang antenna Yagi 2 meter Band dengan polarisasi Vertical, bisa digunakan beberapa cara, yaitu :

1. Boom Yagi diikat pada tiang utama (Mast) yang diletakkan dibelakang Reflector. Cabel coax dari Driven Element diikat pada Boom dan diarahkan menuju Reflector. Turun kebawah dari belakang Reflector menuju Transceiver.
2. Boom Yagi diikat pada Boom lain yang tegak lurus Boom Yagi, tetapi sejajar dengan bumi. Kemudian pada bagian tengah Boom kedua ini dipasang tiang utama (Mast). Cabel coax dari Driven Element diikat sepanjang Boom Yagi mengarah ke Boom yang kedua, lalu diarahkan sepanjang Boom kedua untuk selanjutnya turun mengikuti tiang utama kearah Transceiver.

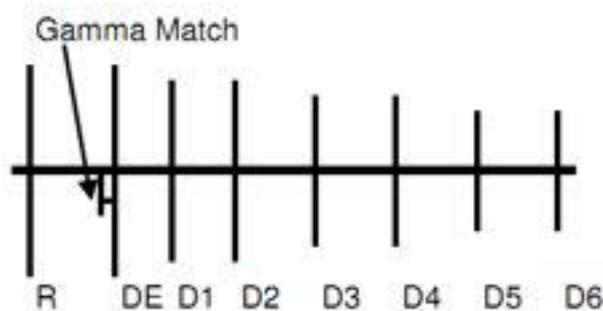
Untuk tiang utama (Mast), andabisa memakai pipa galvanis berukuran sekitar 1 inch – 1 ¼ inch.

Tuning Yagi 2 meter

Untuk melakukan tuning Yagi 2 meter Band yang sudah selesai dibuat, maka lakukan beberapa langkah dibawah ini.

1. Hubungkan Transmitter, SWR Meter dan antena Yagi 2 meter dengan coaxial cable. Disarankan memakai coaxial cable berukuran besar seperti RG-8 atau RG-213 dengan impedansi 50 Ohm agar redaman oleh cable coax menjadi kecil.
2. Set Transmitter pada frekwensi yang diinginkan, misalnya 145,480 MHz dengan daya pancar Low Power atau hanya sekitar 5 Watt.
3. Pasang Yagi 2 meter pada ketinggian sekitar minimum 3 meter sesuai salah satu konfigurasi diatas dan jauh dari benda-benda lain.
4. Tekan PTT dan lakukan kalibrasi SWR Meter jika dibutuhkan.
5. Ubah switch ke SWR dan baca penunjukan SWR Meter.
6. Ulangi pada beberapa frekwensi lain sepanjang Band 2 meter dengan beda frekwensi sekitar 500 KHz. Artinya, check penunjukan SWR pada frekwensi 144,000 MHz, 144,500 MHz, 145,000 MHz, 145,500 MHz, 146,000 MHz,

146,500 MHz, 147,000 MHz, 147,500 MHz dan 148,000 MHz. Catat semua penujukan SWR pada frekwensi-frekwensi tersebut.

7. Jika penunjukan SWR agak tinggi, turunkan antena Yagi 2 meter Anda dan ubah posisi Shorting Bar sekitar 0,5 cm agak mendekati center Boom.
8. Ulangi lagi langkah 4 sampaidengan 6.
9. Jika ternyata penunjukan SWR meter makin baik, maka arah perubahan Shorting Bar tersebut benar.
10. Tetapi jika penunjukan SWR makin naik, berarti arah perubahan Shorting Bar salah !. Ubah kembali posisi Shoting Bar dan kali ini menjauhi Boom Antena.
11. Demikianlah lakukan berulang-ulang point 4 sampai dengan 6 sampai Anda puas dengan penunjukan SWR yang diberikan oleh antenna Yagi 2 meter yang Anda buat.

Nah, antenna Yagi 2 meter Band Anda sudah siap digunakan dan match pada 144,000 MHz sampai dengan 148,000 MHz.

Gambar 9.11. Yagi 8 elemen

c. Rangkuman

Antena Yagi digunakan untuk menerima atau mengirim sinyal radio. Antena Yagi adalah antena direktional yang hanya dapat mengambil atau menerima sinyal pada satu arah (yaitu depan). Antena Yagi biasanya memiliki Gain sekitar 3 – 20 dB. Antena Yagi Uda disusun dengan beberapa elemen atau bagian. Elemen Antena Yagi Uda terdiri dari Driven, Reflector, Director dan Boom. Driven adalah titik catu dari kabel antenna, biasanya panjang fisik driven adalah setengah panjang gelombang (0,5 λ) dari frekuensi radio yang

dipancarkan atau diterima. Reflektor adalah bagian belakang antenna yang berfungsi sebagai pemantul sinyal,dengan panjang fisik lebih panjang daripada driven. panjang biasanya adalah 0,55 λ (panjang gelombang). Director adalah bagian pengarah antena, ukurannya sedikit lebih pendek daripada driven. Penambahan batang director akan menambah gain antena, namun akan membuat pola pengarahan antena menjadi lebih sempit. Semakin banyak jumlah director, maka semakin sempit arahnya. Boom adalah bagian ditempatkanya driven, reflektor, dan direktor. Boom berbentuk sebatang logam atau kayu yang panjangnya sepanjang antena itu. Antena Yagi, juga memiliki spasi (jarak) antara elemen. Jaraknya umumnya sama, yaitu 0.1 λ dari frekuensi.

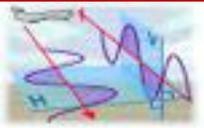
Antena Yagiuntuk band VHF 2 meter biasanya elemennya dibuat lebih banyak untuk mendapatkan gain yang memuaskan penggunanya. Walaupun disadari bahwa penambahan director makin banyak makin memberikan tambahan gain yang makin kecil

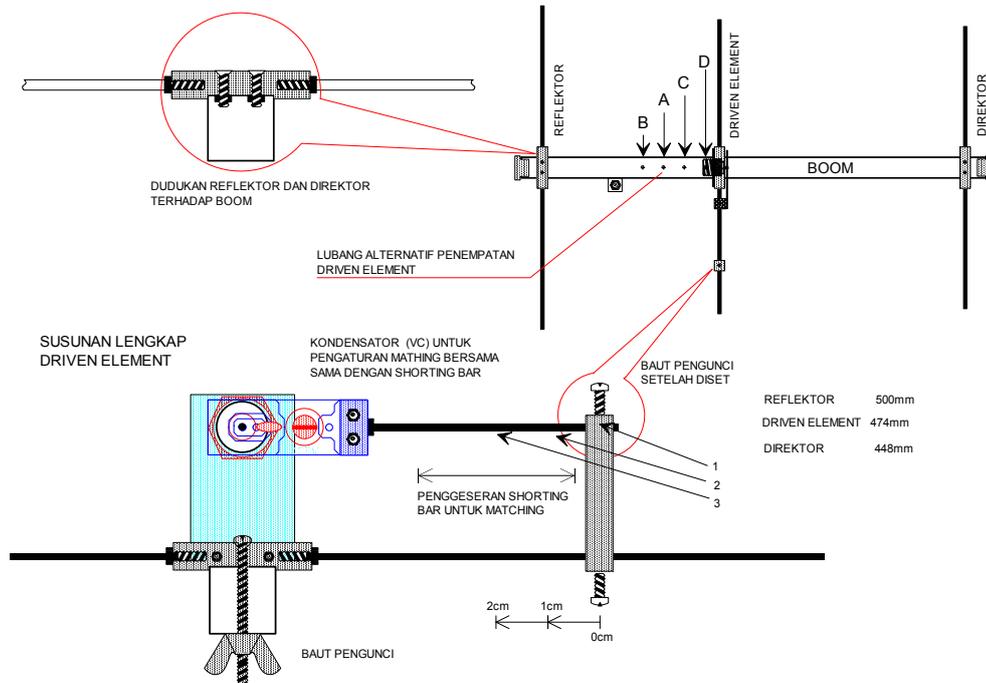
d. Tugas

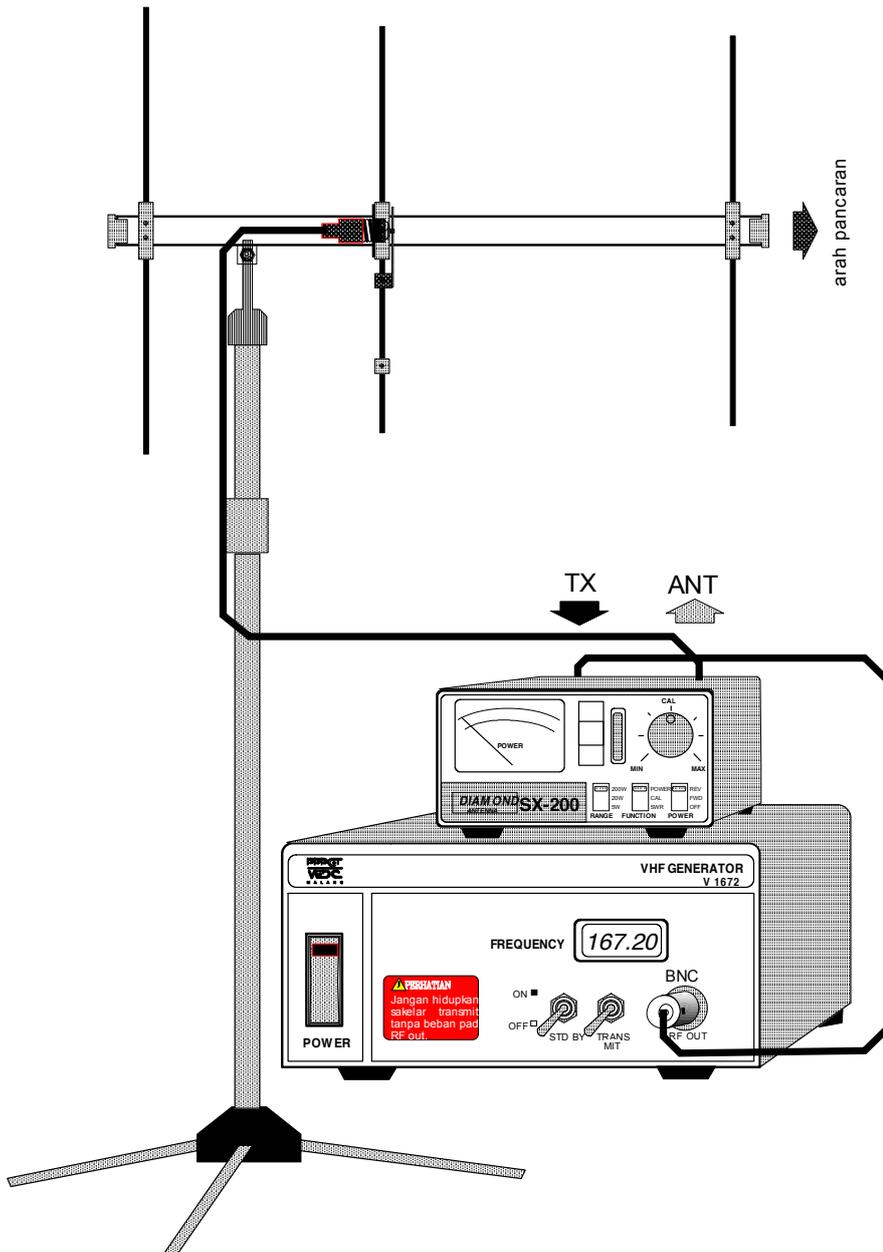
Buatlah kelompok kerja masing-masing beranggotakan 4 orang. Lakukan percobaan seperti di bawah ini.

Percobaan : Pengukuran Antena Yagi 3 Elemen

Alat Bantu Mengajar

- Antena Yagi Uda 3 Elemen.
- Tiang penyangga (triport)
- SWR / Power meter
- Coaxial kabel kelengkapannya (2buah). yang meliputi coaxial kabel dengan ujung BNC - konektor dan konektor-konektor
- Obeng + (plus) dan (- minus)
- Tang kombinasi
- Kunci Pas 13 mm
- Generator 2M Band (167,2MHz.)
- Tabel pengukuran
- Kertas grafik

Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam percobaan ini.
2. Rakitlah antena yang akan dipakai percobaan pengukuran seperti pada gambar dibawah.

Gambar 9.12. Susunan pemasangan elemen antena

3. Tempatkan driven elemen pada ***lubang ke dua dari akhir(belakang)*** **titik A**, dan shorting bar berada ***pada ujung***.(angka 1).
4. Hubungkan kabel RG 8 ujung satu ke antena dan satunya ke SWR/power meter yang bertanda ANT ,dengan ujung-ujung kabel keduanya konektor.
5. Hubungkan kabel RG 8 ujung satu ke SWR (dengan tanda TX) dan satunya ke generator, dengan tanda ujung kabel satu konektor satunya lagi BNC.

Gambar 9.13. Susunan pengabelan antara Generator,SWR dan Antena

6. Atur posisi “ Function “ pada SWR meter (Power, Cal, SWR) pada posisi CAL, dan kedudukan “ Power “ (REV, FORW, OFF) pada posisi FORW, sedangkan Range pada 5W.
7. Hidupkan Generator lalu atur potensio Cal pada SWR meter sampai posisi jarum meter tepat menunjuk pada kedudukan CAL, lalu matikan dulu Generator.
8. Pindahkan kedudukan Function pada SWR dan hidupkan lagi sakelar transmit lalu atur VC yang ada di(PCB) dengan cara memutar-mutar VC

dengan obeng plastik dengan ujung obeng -(minus).sampai didapat sekala pada SWR paling kecil.

9. Cek kembali langkah 7 dan 8 setelah mengadakan pengaturan VC, dan catat hasil pengukuran pada tabel 1.
10. Matikan sesaat sakelar transmit, dan pindahkan posisi (Power, Cal, SWR) pada Power dan Power pada posisi FWD dan lihat jarum yang ditunjukkan pada sekala power, catat dan isikan pada tabel 1.
11. Ulangi langkah 10 untuk mendapatkan power REF dengan memindahkan FWD ke REF dan catat hasil pengukuran pada tabel 1.
12. Ulangi langkah 7,8,9,10 dan 11 untuk mendapatkan data yang sama diminta diatas dengan merubah posisi shorting bar pada posisi angka 2. Dan catat hasilnya pada tabel 1.
13. Ulangi langkah 12 pada kedudukan shorting trap pada angka 3 .

Tabel 1.

Kedudukan driven Elemen : A

ked. S. trap.	SWR	daya FWD	daya REF
0 cm			
1 cm			
2 cm			

14. Ulangi langkah 13 dengan merubah kedudukan driven elemen pada posisi B dan catat hasil pengamatan pada tabel 2.

Tabel 2.

Kedudukan driven Elemen : B

ked. S. trap.	SWR	daya FWD	daya REF
0 cm			
1 cm			
2 cm			

15. Ulangi langkah 14 dengan merubah kedudukan driven elemen pada posisi C dan catat hasil pengamatan pada tabel 3

Tabel 3.

Kedudukan driven Elemen : C

ked. S. trap.	SWR	daya FWD	daya REF
0 cm			
1 cm			
2 cm			

Penugasan :

⇒ Isikan tabel data hasil pengukuran pada tabel yang telah tersedia pada antena masing-masing.

⇒ Satu antena dikerjakan oleh satu kelompok penentuannya sesuai dengan pembagian kelompoknya.

⇒ Buatlah grafik dari berbagai posisi penempatan shorting trap, dengan berbagai penempatan kedudukan driven elemen .

e. Lembar Kerja

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....
....

f. Test Formatif

1. Apakah fungsi penggeseran shorting trap pada driven elemen dan pengaturan VC pada PCB ?.
2. Adakah pengaruh pemasangan elemen pengarah (direktor) terha-dap perubahan penunjukan besar kecilnya SWR jika dibandingkan dengan tanpa adanya direktor?.
3. Samakah besarnya penunjukan SWR saat digunakan daya sedang dengan daya yang lebih besar saat dipergunakan dalam pengukuran?
4. Apakah perlunya kita mengadakan pengukuran antena dengan SWR meter sebelum digunakan untuk memancar ?.

5. Apakah kerugian yang diakibatkan jika penggunaan antena dengan sekala SWR yang cukup besar?.

g. Lembar Jawaban

1. Apakah fungsi penggeseran shorting trap pada driven elemen dan pengaturan VC pada PCB ?.

   Jawab:

   ....

   ....

   ....

   ....

2. Adakah pengaruh pemasangan elemen pengarah (direktor) terha-dap perubahan penunjukan besar kecilnya SWR jika dibandingkan dengan tanpa adanya direktor?.

   Jawab:

   ....

   ....

   ....

   ....

3. Samakah besarnya penunjukan SWR saat digunakan daya sedang dengan daya yang lebih besar saat dipergunakan dalam pengukuran?

   Jawab:

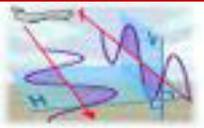
   ....

   ....

   ....

   ....

4. Apakah perlunya kita mengadakan pengukuran antena dengan SWR meter sebelum digunakan untuk memancar ?.

   Jawab:

   ....

....

....

....

5. Apakah kerugian yang diakibatkan jika penggunaan antena dengan sekala SWR yang cukup besar?.

Jawab:

....

....

....

....

KEGIATAN BELAJAR 10

Antena Quad dan Loop

a. Tujuan Pembelajaran :

Setelah pembelajaran ini diharapkan siswa dapat merencanakan tipe antena Quad dan Loop

b. Uraian Materi

Sejarah

Antena Loop ditemukan sekitar awal tahun 1940-an oleh Clarence Moore, W9LZF, Dia seorang teknisi pada stasiun broadcast milik missionaris katolik di daerah pegunungan Quito, Equador. Tekanan udara dan kandungan oksigen di sana cukup tipis karena lokasi berada di ketinggian sekitar 3000 meter diatas permukaan laut (DPL).

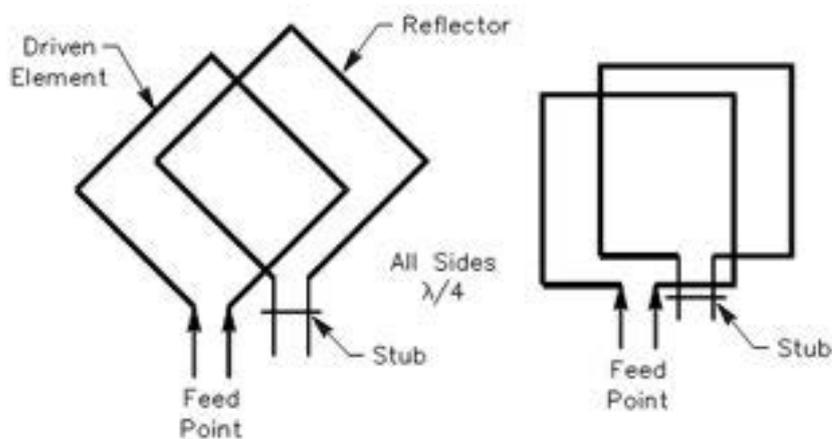
Moore awalnya kebingungan karena antena yang dibuat saat diberi daya dari pemancar sebesar 10 kW, tidak sampai beberapa hari antenanya rusak karena dari ujung elemen antena selalu keluar loncatan api, sampai akhirnya ujung tersebut terbakar (marong) dan putus. Alhasil, ukurannya berubah dan (karenanya) SWR melonjak tinggi. Moore menyadari bahwa antena vertical, dipole dan berbagai variant yang dicoba pakai selama ini merupakan antena dengan Q-factor yang tinggi, cenderung menghasilkan *corona effect* (pengumpulan panas, sampai berupa pendaran cahaya) pada ujung-ujungnya jika dipakai di tempat bertekanan udara dan kandungan oksigen tipis.

Sadar bahwa solusi yang ada adalah dengan memakai sirkit antena tertutup akhirnya ia mencoba bentuk LOOP, yakni seutas kawat atau kabel yang dibentang sedemikian rupa sehingga kedua ujungnya bertemu kembali di satu titik. Melalui beberapa percobaan, akhirnya didapati bahwa ukuran yang paling pas untuk rancangan ini adalah satu lambda atau 1 λ. Terbukti pula bahwa dengan ukuran ini bisa didapatkan rancangan yang ber Q-factor rendah, yang selama ini dicari untuk mengatasi masalah yang dihadapinya.

Hasil percobaan Moore inilah yang jadi cikal-bakal antena Cubical Quad seperti yang kita kenal sekarang, yang diketahui mempunyai beberapa kelebihan dibanding rancangan Yagi yang lebih duluan populer karena:

1. Dengan jarak antar elemen yang sama, cukup dengan 2 elemen (= Boom yang lebih pendek) bisa didapatkan Gain yang mendekati perolehan Gain antena Yagi 3 elemen (7 dBd vs 8 dBd pada ketinggian free space);
2. Cubical Quad bisa berkinerja baik sebagai low angle radiator (lebih baik untuk DX) dengan posisi feed point yang TIDAK usah terlalu tinggi dari permukaan tanah, ketimbang antena Yagi yang memerlukan ketinggian feed point mendekati 1/2λ untuk bisa bekerja optimal.
3. Sebagai antena dengan faktor Q yang rendah, bandwidthnya jauh lebih lebar ketimbang Yagi yang berfaktor Q tinggi.
4. Cubical Quad bisa dibuat dari bahan yang relatif murah (elemen dari kawat dan spreader dari bambu) daripada Yagi yang biasanya dibuat dari tubing aluminium.
5. Sebagai sifat "bawaan" antena loop, receiving Cubical Quad lebih "hening", noise–nya lebih rendah daripada antena lain yang dari jenis 1/4 atau 1/2 lambda.

Sisi minus Cubical Quad adalah konstruksinya 3D (ada panjang, tinggi dan lebar) dibanding Yagi yang cuma 2D (panjang dan lebar saja), sehingga proses perakitan (dan pemasangannya) lebih ribet dan repot.

Konstruksi Quad Loop Antena

Gambar 10.1. Model antena Quad Loop

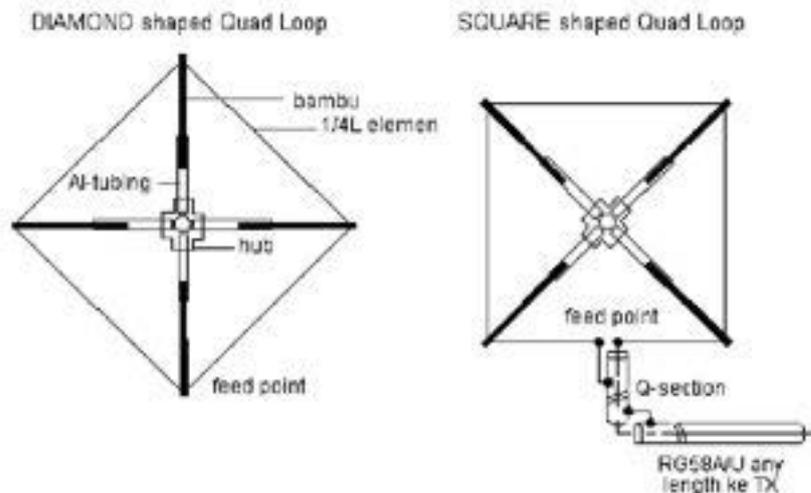
Karena elemennya terbuat dari kawat, Cubical Quad cenderung lebih rawan terhadap benang layang-layang putus ketimbang Yagi. Karena merupakan antena floating (tidak ada bagian yang LANGSUNG tersambung ke ground) Cubical Quad lebih rawan terhadap sambaran petir, tidak seperti pada Yagi yang Boom dan elemen-elemennya selalu terhubungkan ke ground lewat klèm-klèman ke Mast dan Towernya.

Elemen Cubical Quad - baik yang buatan pabrik maupun yang hasil rakitan sendiri adalah konfigurasi yang paling sederhana dan populer. Bisa dibuat sebagai monobander, tribander (band 20, 15 dan 10 m) atau anda bisa memanfaatkannya sebagai duo-bander (15 dan 10 m, atau kombinasi 2 WARC band 17 dan 12 m). Buat perakit pemula, yang jadi masalah adalah untuk membuat spreader (perentang).

Buatan pabrik HyGain memakai spreader dari tubing aluminium, sedang merek semacam Gem Quad, Antena Mart dan Lightning Bolt memakai spreader berbentuk rod, tubing atau design khusus dari fibre glass.

Perakitan dan Penalaan:

Untuk pemula, pendekatan paling sederhana adalah konfigurasi dua Quad Loop yang ukurannya dibuat sama, kemudian difungsikan sebagai Driven Element (DE) dan Reflector (REF). Supaya bekerja sebagai REF, Loop yang satu di titik temu ujung-ujung elemen (yang pada DE berfungsi sebagai feed point) diberikan STUB (sambungan berupa ekor atau kuncir), yang dibuat sedemikian rupa sehingga ukurannya bisa di atur seperlunya pada saat proses penalaan (tuning).

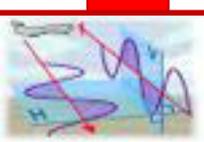
Untuk Quad 2 elemen konfigurasi paling baik adalah DE+REF ini. Untuk Yagi 2 elemen, konfigurasi DE+DIR lebih disukai. Quad berbentuk Diamond (dengan spreader berbentuk tanda +) kinerjanya sedikit lebih baik dari pada yang berbentuk Square (dengan spreader berbentuk tanda x), karena pada ketinggian instalasi yang sama titik *current maximum* akan berada di ujung atas spreader sisi tegak (= titik paling tinggi), sedangkan feed pointnya (yang mesti digantungi coax) berada di ujung bawah spreader sehingga posisinya lebih kokoh untuk ditala / dimodifikasi, daripada bentuk Square dimana feed point berada di posisi menggantung di tengah-tengah antara ujung dua spreader (lihat Gambar berikut).

Gambar 10.2. Model Antena Quad Loop

Perakitan dan Penalaan elemen Quad yang paling sederhana dilakukan dengan cara:

Untuk Driven Elemen (DE) 1.

1. Potong elemen sesuai ukuran (L-DE pada Tabel di bawah). Lebihkan 5-10 cm untuk sekadar toleransi waktu proses tuning. Rakit elemen dengan merentangkannya pada spreader sehingga membentuk sebuah Loop. Titik p pada Tabel adalah titik “singgung” pada spreader di mana elemen di “canthol”kan (boleh diikat, pada lobang yang di bor di spreader, di klèm atau apa pun. Usahakan untuk masih bisa digèsèr- gèsèr waktu proses penalaan untuk mendapatkan bentuk bujursangkar yang sama sisi);
2. Siapkan impedance transformer (penyelaras impedansi atau disebut juga sebagai Q- section) untuk band yang dikehendaki, dari coax 72 ohm-an (RG59A/U atau sejenis) yang dipotong sesuai ukuran (lihat kolom xformer pada Tabel). Sambungkan di feed point, kemudian sambungkan ujung lainnya dengan RG58A/U, any length ke TX;
3. Penalaan dilakukan dengan pemotongan atau penambahan kawat elemen yang dilakukan pada ujung-ujung elemen di feed point.

Untuk Reflector (REF)

1. Kalau sudah didapatkan ukuran DE dengan penunjukan SWR terbaik (tidak usah 1:1) pada proses 1.3 di atas, potong kawat elemen REF dengan ukuran yang SAMA dengan ukuran elemen DE.
2. Siapkan STUB berupa open wire sepanjang kuranglebih. 60 cm. Buat saja dari kabel yang sama dengan kabel elemen, dengan spacer dari bambu atau 3-4 mata terminal kabel untuk mendapatkan jarak 6- 10 cm antar sisi stub.
3. Pasangkan Stub di ujung elemen REF (yang ada di ujung bawah spreader sisi tegak) dengan terminal kabel, kemudian short ujung-ujungnya dengan jumper yang dibuat dari 2 buah alligator clip yang disambung bertolak belakang. Angka di kolom Stub pada Tabel di bawah menunjukkan perkiraan (approximate) posisi penjumperan pada stub ini.
4. Pasang struktur REF di ujung lain dari Boom pada jarak antara 1,25 – 1,80 m di belakang DE, yang merupakan JARAK KOMPROMISTIS antarelemen yang diambil sekitar 1/8λ untuk band yang dikehendaki.
5. Naikkan Boom ke posisi paling tidak 7 - 8 m dari tanah (>1/2λ pada 15 m), kemudian ujicoba untuk penerimaannya dengan cara meminta salah satu rekan yang rumahnya 5 - 10 km dari lokasi anda untuk mantheng carrier di band yang mau diuji coba. Hadapkan antena ke arah rekan tersebut kemudian naik-turunkan posisi jumper pada Stub sampai didapatkan bacaan sinyal yang paling kuat (pada proses ini seyogyanya kecilkan RF Gain semaksimum mungkin untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat).
6. Tahap berikut adalah memutar posisi antena sampai membelakangi rekan anda, terus ulangi lagi menaik turunkan jumper sampai didapatkan posisi penerimaan yang paling kecil/ lemah (pada tahap ini buka RF-Gain semaksimum mungkin). Posisi jumpering point terakhir inilah yang menunjukkan F/B (front-to-back) Ratio yang optimal.
7. Ganti alligator clip dengan kawat atau kabel yang langsung disolderkan pada posisi/jarak di tengah-tengah posisi penerimaan maksimum dan minimum tadi (titik ini adalah titik kompromistis).

Kalau menginginkan penalaan yang lebih teliti, pengaturan pada Stub bisa diikuti juga dengan pengaturan pada JARAK ANTAR ELEMEN dengan menggeser MAJU-MUNDUR posisi REF pada Boom sambil kembali memutar-mutar antena menghadap atau membelakangi stasiun lawan. Lakukan sampai didapatkan posisi tengah antara penerimaan maksimum dan minimum seperti pada penalaan Stub. Posisi inilah yang merupakan titik kompromi antara Foward Gain Maksimum dan F/B ratio terbaik.

Kalau sudah bagus semua, barulah semua ikatan elemen ke spreader diikat mati, demikian juga semua solderan di feed point, sambungan elemen REF ke Stub, jumpering di ujung stub dan sambungan antara ujung Matching transformer serta feeder line di seal baik-baik dengan isolasi ban atau lem epoxy seputar titik-titik ikatan, sambungan dan solderan.

Sekarang naikkan posisi Boom ke posisi permanen yang direncanakan semula (biasanya di ujung pipa yang menjulur ke atas kuranglebih 4 m dari ujung tower). Biasanya akan ada sedikit kenaikan penunjukan SWR, tetapi dari pada susah menaik-turunkan lagi, kalau SWR hanya sekitar 1.5:1 ya sudah dirasa cukup karena dengan SWR sedemikian itu losses di hi-band belum begitu terasa dampaknya pada pancaran Anda. Kalau SWR melewati batas merah, lebih baik pakai Tuner.

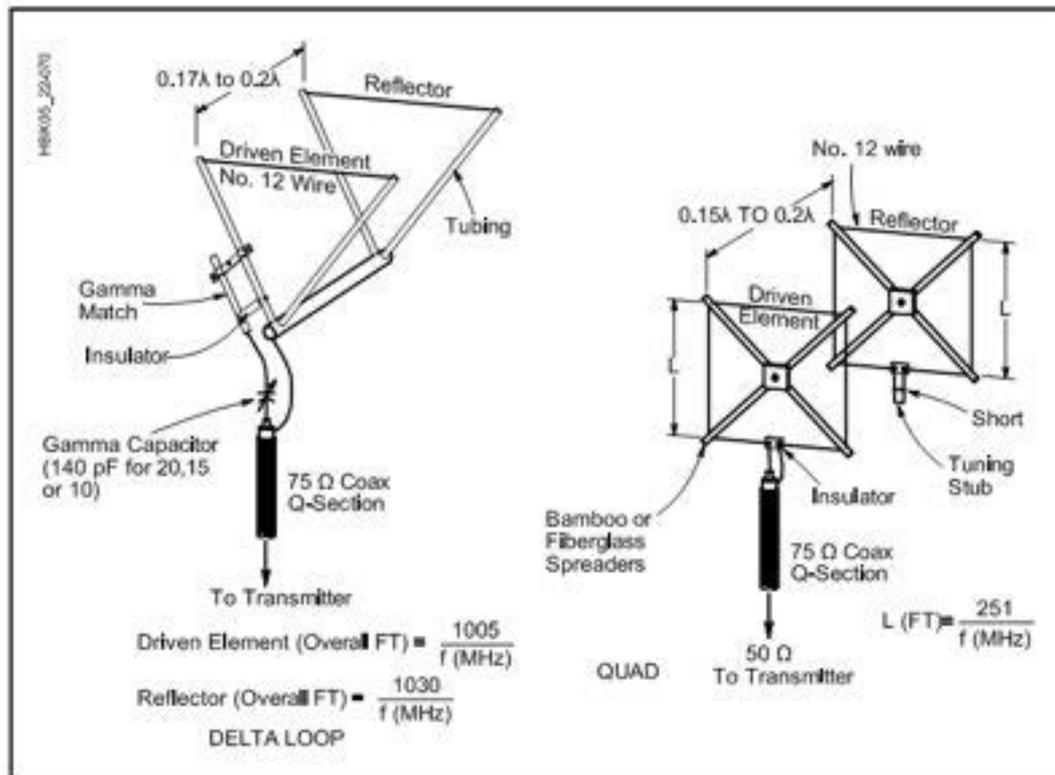
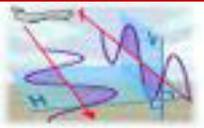
Untuk Cubical Quad yang bekerja multiband, baik untuk elemen DE dan REF direntang secara berurutan, band terrendah (misalnya 20 m) ditaruh di sisi paling luar, kemudian band-band berikutnya (15 dan 10 m) di sebelah ke dalam. Pada versi ini, Q-section dan transmission line untuk masing-masing band mesti dibuat sendiri-sendiri (terpisah).

Berikut adalah tabel antara frekuensi, panjang Driven Element, panjang Refflector, posisi jumpering Stub dan ukuran xformernya.

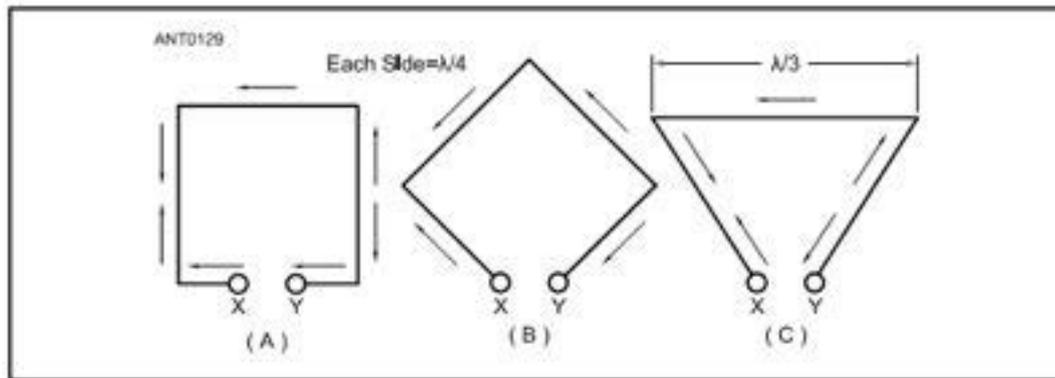
Tabel 10.1 Ukuran-ukuran di loop antena

f	L-DE	L-REF	1/4 L	Stub	xformer	p
14.200	21.58	22.7	5.4	0.43	3.50	3.81
21.200	14.45	15.2	3.61	0.29	2.33	2.55
28.600	10.71	11.2	2.68	0.21	1.73	1.89
7.055	43.42	45.6	10.9	0.87	7	7.68

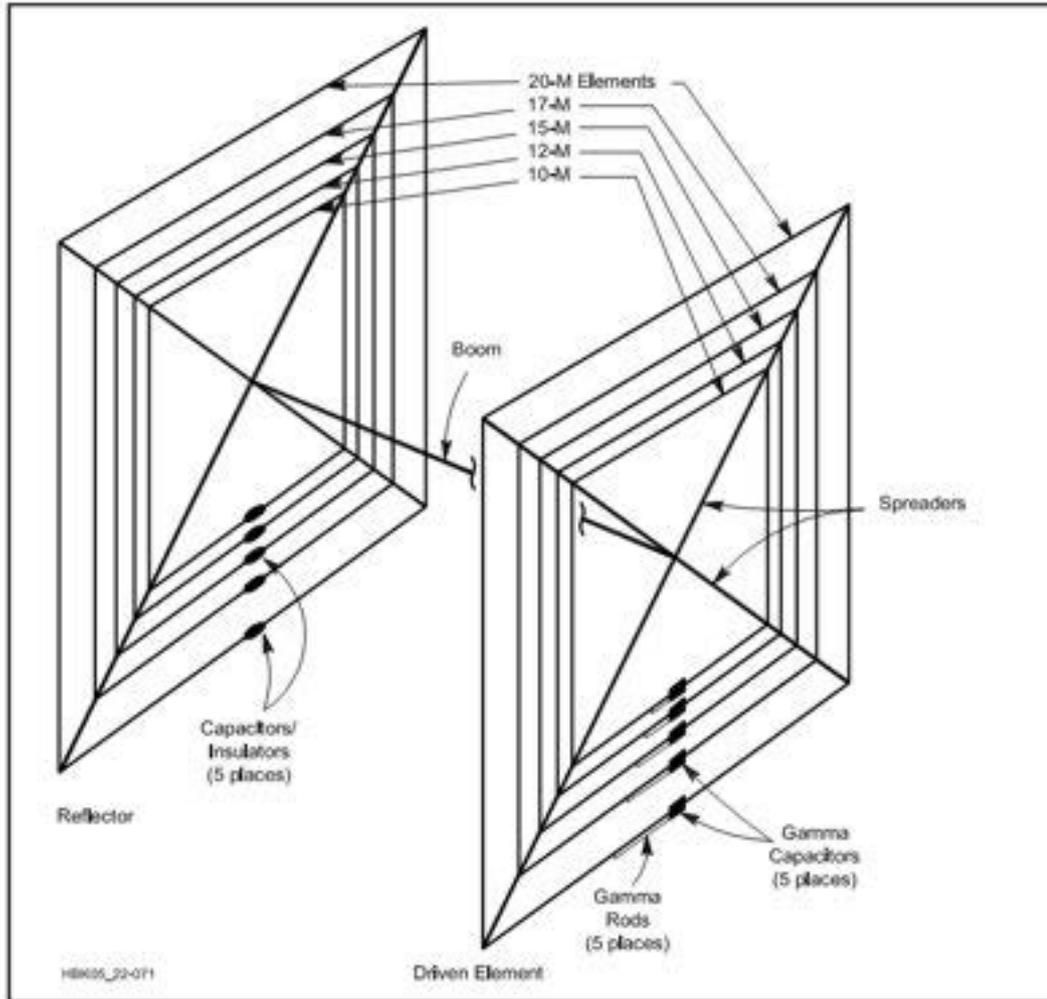
f = *design frequency*;
L= panjang elemen
(**DE** = driven element ; **REF** = reflector;
1/4L = panjang satu sisi elemen);
Stub = posisi jumpering pada stub;
xformer = panjang impedance xformer Q-section (coax 70-73 ohm, velocity factor sudah diperhitungkan);
p = titik pengikatan elemen (jarak ke pangkal spreader).

Semua ukuran dalam **meter.**

Gambar 10.3. Model-model antena Delta Loop dan Quad Loop

Loop Antena

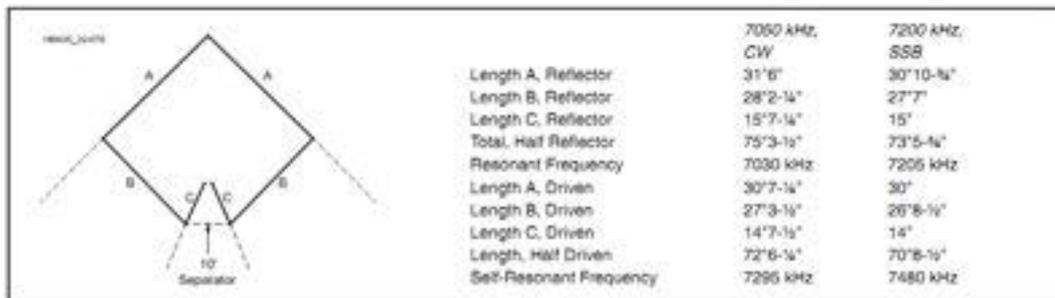
Loop Antena yang dimaksud disini adalah seutas kawat yang tersambung dengan ukuran panjang 1 λ (1 panjang gelombang) yang dibentuk melingkar terbuka dengan dengan panjang sisi-sisi yang kurang lebih sama seperti bentuk segitiga, berlian, kotak, atau lingkaran.

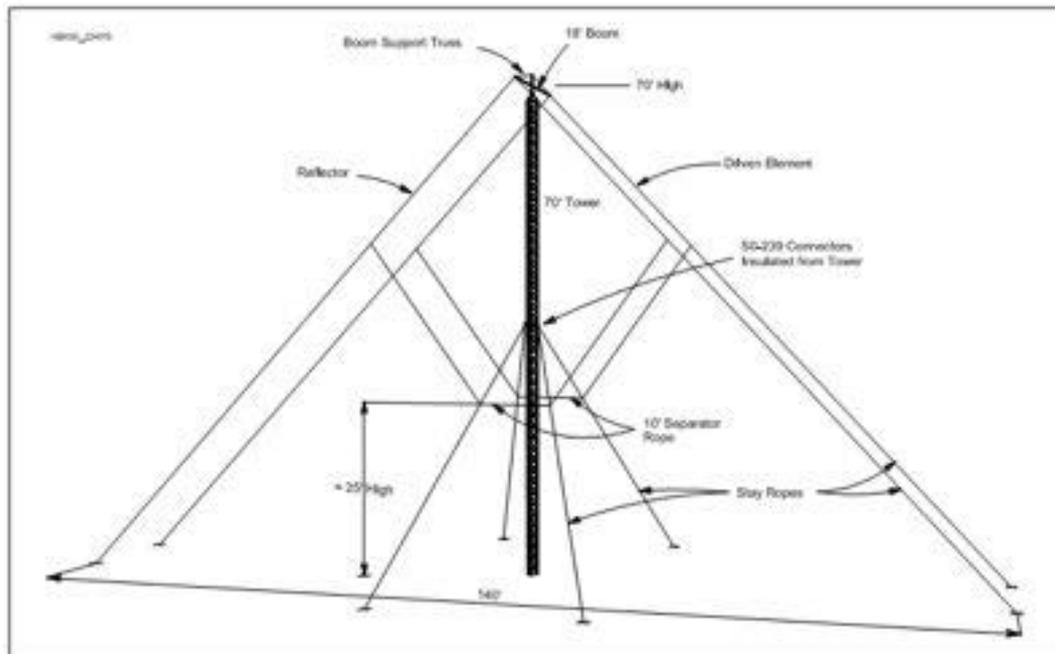
1 Loop dengan 1 λ dapat dianggap sebagai 2 buah loop dengan panjang ½ λyang di satukan atau dihubungkan sehingga membentuk sebuah loop terbuka seperti dijelaskan diatas.3 bentuk khas loop antena dengan arah distribusi arusnya seperti terlihat pada gambar dibawah.

Gambar 10.4. A dan B adalah Loop Antena dengan panjang sisi ¼ λ, dan C dengan panjang sisi 1/3 λ.

Kekuatanradiasimaksimum1λlooptegak lurus terhadap bidangloopdanminimumpada bidanglingkaran. Jikaloophorisontal, antenamemancarkanpancaran terbaiklurus ke atasdanlurus ke bawahdan kurangkesisi.Keuntungandari1λlingkaranke arahradiasi maksimumadalah sekitar1dBd.

Impedansi dari antena Loop dengan panjang 1λ adlah sekitar 120Ω. Loop antena akan resonan di setiap frekuensi, dimana yang dimaksud adalah kelipatan integral frekuensi center yang ditetapkan yaitu Fo, 2Fo, 3Fo dan seterusnya.

Gambar 10.4. Model rancangan Antena Loop 5 Band

Berikut adalah contoh rancangan Loop antena yang bekerja di 40 meter band.

	7050 kHz, CW	*7200 kHz, SSB*
Length A, Reflector	31'6"	30'10-¾"
Length B, Reflector	28'2-¼"	27'7"
Length C, Reflector	15'7-¼"	15'
Total, Half Reflector	75'3-½"	73'5-¾"
Resonant Frequency	7030 kHz	7205 kHz
Length A, Driven	30'7-¼"	30'
Length B, Driven	27'3-½"	26'8-½"
Length C, Driven	14'7-½"	14'
Length, Half Driven	72'6-¼"	70'8-½"
Self-Resonant Frequency	7295 kHz	7480 kHz

Gambar 10.5. Ukuran rancangan Loop Antena

Bentuk fisik atau layout antena 40 meter band model Quad Loop seperti gambar berikut.

Gambar 10.6. Layout Antena Loop untuk 40 meter band

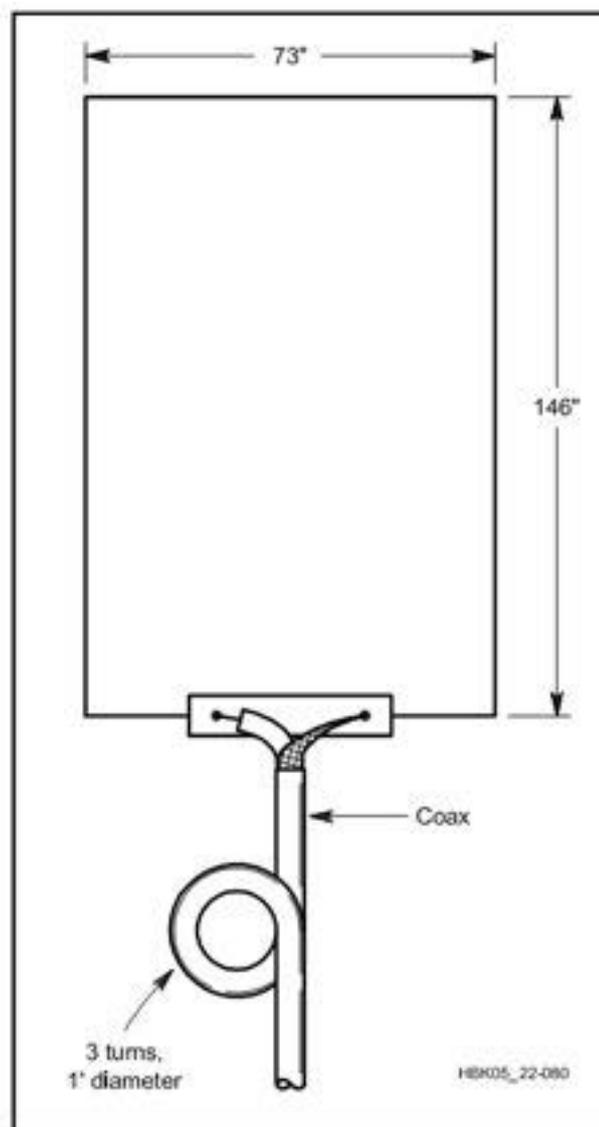
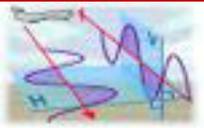
Contoh antena Loop vertikal untuk bekerja di 28 MHz.

Antena Loop vertikal ini merupakan sebuah contoh antena yang sederhana yang mempunyai penguatan lebih baik dibandingkan dengan antena Dipole maupun Inverted V. Ini merupakan contoh antena yang baik untuk ber-eksperimen dan sangat mudah untuk menaikkan ataupun menurunkan frekuensi kerjanya. Untuk menghitung dimensinya cukup dengan rumus : 28,4 / F (MHz). Dimana F adalah frekuensi kerja yang diinginkan dalam satuan MHz.

Antena ini mempunyai penguatan (Gain) sekitar 2,1 dBd. Pada sudut pancaran rendah, dan diletakkan minimal 1 λdatas tanah. Antena ini juga sangat mudah di umpan (Feed) dari pemancar dan tidak memerlukan lagi penyesuai impedansi. Dengan demikian antena ini langsung bisa disambungkan ke kabel coaxial dengan impedansi 50Ω dan dapat menghasilkan penunjukan SWR sampai 1 : 1 di frekuensi yang diinginkan.

Untuk antena yang dirancang di frekuensi 28,4 MHz, dapat beresonansi antara 28,0 MHz – 28,8 MHz dengan penunjukan SWR maksimal adalah 2 : 1. Antena model ini juga mudah dalam penyesuaian atau seting impedansinya.

Antena ini dibuat dari bahan kawat standar AWG 12 yang di buat sedemikian rupa sehingga berbentuk persegi panjang menjulang ke atas. Untuk pengumpan sinyal berada dibagian bawah antena dengan menambahkan 3 buah lilitan dari kabel transmisinya yang berfungsi sebagai balun sederhana.

Anda dapat memasang antena ini di tiang bambu, fiber glass, kayu, PVC atau apapun yang terbuat dari bahan bukan penghantar. Andajuga dapat menggunakanalumuniumtubinguntuk pemasangannya, tetapi andamungkin harus menyesuaikankembalidimensiantena untukresonansi.

Gambar 10.7. Rancangan antena Loop persegi panjang

c. Rangkuman

Cubical Quad mempunyai beberapa kelebihan dibanding rancangan Yagi yang lebih duluan populer karena:

1. Dengan jarak antar elemen yang sama, cukup dengan 2 elemen (= Boom yang lebih pendek) bisa didapatkan Gain yang mendekati perolehan Gain antena Yagi 3 elemen (7 dBd vs 8 dBd pada ketinggian free space);
2. Cubical Quad bisa berkinerja baik sebagai low angle radiator (lebih baik untuk DX) dengan posisi feed point yang TIDAK usah terlalu tinggi dari permukaan tanah, ketimbang antena Yagi yang memerlukan ketinggian feed point mendekati 1/2λ untuk bisa bekerja optimal.
3. Sebagai antena dengan faktor Q yang rendah, bandwidthnya jauh lebih lebar ketimbang Yagi yang berfaktor Q tinggi.
4. Cubical Quad bisa dibuat dari bahan yang relatif murah (elemen dari kawat dan spreader dari bambu) daripada Yagi yang biasanya dibuat dari tubing aluminium.
5. Sebagai sifat "bawaan" antena loop, receiving Cubical Quad lebih "hening", noise–nya lebih rendah daripada antena lain yang dari jenis 1/4 atau 1/2 lambda.

Loop Antena yang dimaksud disini adalah seutas kawat yang tersambung dengan ukuran panjang 1 λ (1 panjang gelombang) yang dibentuk melingkar terbuka dengan dengan panjang sisi-sisi yang kurang lebih sama seperti bentuk segitiga, berlian, kotak, atau lingkaran.

d. Tugas

Buatlah kelompok diskusi yeng masing-masing beranggotakan 4 sampai dengan 6 orang. Diskusikan dalam kelompok tentang Antena Quad dan Loop. Presentasikan hasil diskusi kelompok di depan kelas.

e. Lembar Kerja

....
....

b. Lebih aman
c. Memiliki radiasi paling baik
d. Memiliki gain yang paling besar

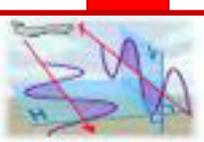
2. Kelemahan Cubical Quad adalah konstruksinya 3D dibanding Yagi yang hanya 2D adalah...
   a. Memerlukan tempat yang luas
   b. Grounding yang kurang bagus
   c. Proses perakitan (dan pemasangannya) lebih ribet dan repot
   d. Komponen lebih mahal

3. Impedansi dari antena Loop dengan panjang 1λ adalah sekitar...
   a. 50Ω.
   b. 75Ω.
   c. 120Ω.
   d. 300Ω.

4. Loop Antena adalah seutas kawat yang tersambung dengan ukuran...
   a. panjang ½ λ
   b. panjang ¼ λ
   c. panjang 2 λ
   d. panjang 1 λ

5. Antena Loop vertikal ini merupakan sebuah contoh antena yang sederhana...
   a. namun mempunyai penguatan lebih rendah dibandingkan dengan antena Dipole maupun Inverted V
   b. yang mempunyai penguatan lebih baik dibandingkan dengan antena Dipole maupun Inverted V
   c. yang mempunyai radiasi lebih baik dibandingkan dengan antena Dipole maupun Inverted V
   d. yang mempunyai bentuk fisik lebih baik dibandingkan dengan antena Dipole maupun Inverted V

g. Lembar Jawaban

Nomor	Pilihlah jawaban yang benar dengan memberi tanda silang			
1	A	b	c	D
2	A	b	c	D
3	A	b	c	D
4	A	b	c	D
5	A	b	c	D

III. Penerapan

A. Attitude skills

Sikap spiritual maupun sikap sosial merupakan keteladanan guru yang tersusun dan terencana dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran yang dirancang oleh guru. Aspek sikap spiritual dan sosial memiliki porsi yang lebih dibandingkan dengan model kurimulum sebelumnya, sehingga guru dituntut untuk mengembangkan model-model pembelajaran yang menarik dan merangsang untuk aktif, kreatif dan inovatif.

B. Kognitif skills

Aspek pengetahuan dibangun dengan menerapkan pendekatan pembelajaran saintifik untuk menhindari kebiasaan menghafal. Maka aspek pengetahuan harus dibentuk dengan menggali potensi pengetahuan siswa melalui proses pembelajaran yang bebasis siswa aktif.

C. Psikomotorik skills

Aspek ketrampilan siswa harus dibangun secara hirarkis, untuk membentuk pola berfikir sistematis, taktis dan praktis. Untuk membentuk ketrampilan siswa, perlu diterapkan model-model pembejajaran yang merangsang siswa untuk trampil dengan mengintegrasikan antara penyampaian teori dan praktik.

D. Produk/benda kerja sesuai criteria standard

Buku Laporan Praktikum Siswa

Daftar Pustaka

Hallas Joel R, *Basic Antennas*, ARRL The National Association for Amateur Radio, Newington USA, 2009

Karim A, *Teknik Penerima dan Pemancar Radio*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 1993

Lesmana Ridwan-YC0PE, *Antena Yagi Untuk 2M Band*, Makalah tidak dipublikasikan, Jakarta, 2008

ORARI, *Antena Dipole dan Monopole*, Organisari Amatir Radio Indonesia Pusat, Jakarta, 1998

Safrudin Cholis-YD1CHS, *A Short Vertical Antenna*, http://yd1chs.wordpress.com/2009/08/30/a-short-vertical-antenna/, diakses tanggal 30 Nopember 2013

Silver H. Ward, *The ARRL Hand Book For Radio Communications*, ARRL The National Association for Amateur Radio, Newington USA, 2011

Suhana dan Shoji Shigeki, *Buku PeganganTeknik Telekomunikasi*, Cetakan ke-6, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1994

Sunaryo -YB0USJ, *Antena Yagi*, Makalah tidak dipublikasikan, Jakarta, 1998

Sutrisno Bambang – YB0KO, *Cubical Quad Antenna*, Buletin elektronis Orari News nomor 10/II, Jakarta, 2003

Widiharso, *Teknik Antena*, Modul bahan ajar PPPPTK Malang, Tidak dipublikasikan, Malang, 2010

Wilson Mark J, *The ARRL Hand Book For Radio Communications*, ARRL The National Association for Amateur Radio, Newington USA, 2007.

PEREKAYASAAN
SISTEM ANTENA